

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra robotiky

Konstrukční návrh zdvižné plošiny pro vozíčkáře

Construction Design of the Lifting Platforms for Wheelchair Users

Student:

Bc. Jakub Michalski

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Ladislav Kárník, CSc

Ostrava 2017

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra robotiky

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jakub Michalski**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301T013 Robotika
Téma: **Konstrukční návrh zdvižné plošiny pro vozíčkáře**
Construction Design of the Lifting Platforms for Wheelchair Users
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Proveďte analýzu současného stavu a navrhnete varianty řešení možných koncepcí zdvižné plošiny pro vozíčkáře.
2. Proveďte výběr optimální varianty.
3. Konstrukční návrh vybrané varianty podrobně rozpracujte dle pokynů vedoucího s využitím CAD systému Creo.
4. Výkresovou dokumentaci zpracujte dle pokynů vedoucího.
5. Vypracujte technickou zprávu s potřebnými výpočty a zhodnoťte dosažené výsledky.
6. Závěr.
7. Práci též doložte v elektronické podobě ve formátu editoru MSWORD, PDF a konstrukční řešení v CAD systému (podle pokynu vedoucího).

Seznam doporučené odborné literatury:

KÁRNÍK, L. *Servisní roboty*. VŠB-TU Ostrava, 2004. 144 s. ISBN 80-248-0626-6.

KÁRNÍK, L. - KNOFLÍČEK, R. - MARCINCIN, J. N. *Mobilní roboty*. Opava: MÁRFY SLEZSKO, 2000. 210 s. ISBN 80-902746-2-5.

MENZEL, P. - D'ALUSIO, F. *Robo sapiens: evolution of a new species*. USA, New York, 2000. 239 p. ISBN 0-262-13382-2.

SKARUPA, J. - MOSTÝN, V. *Metody a prostředky návrhu průmyslových a servisních robotů*. Košice: Vienaľa Košice, 2002. 190 s. ISBN 80-88922-55-0.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Ladislav Kárník, CSc.**

Datum zadání: 09.12.2016

Datum odevzdání: 15.05.2017



prof. Dr. Ing. Petr Novák
vedoucí katedry

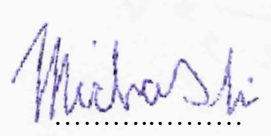


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne: 22. května 2017

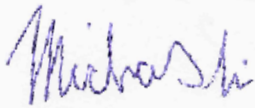


.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu
- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3)
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce, souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše)
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách) ve znění pozdějších předpisů bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 21.5.2017



.....

podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce: Jakub Michalski

Adresa trvalého pobytu autora práce: Písečná 56, Písečná, 73991

Poděkování

Chtěl bych poděkovat vedoucímu práce panu Ing. Ladislavu Kárníkovi, CSc., za ochotu, trpělivost a věcné připomínky při odborném vedení práce. Dále bych chtěl poděkovat kamarádům a rodině.

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Práce se zabývá konstrukčním návrhem zdviže do venkovního prostředí, určené pro imobilní osoby na vozíčku.

Úvod se zabývá obecnou problematikou a rozdělení zdvihacích zařízení. Následuje rešerše, kde jsou zmíněny zdviže, které již jsou na trhu dostupné a mohou být pro práci inspirací.

Další kapitolou je sestavení požadavkového listu a návrh variant řešení. Na základě požadavkového listu byla z těchto variant vybrána optimální varianta, která je dále v práci detailněji specifikována a propočítána.

V poslední fázi práce byla vypracována technická dokumentace zdviže.

KLÍČOVÁ SLOVA

Výtah, zdviž, nosník, rám, hydromotor, plošina

ANNOTATION OF DIPLOMA THESIS

The thesis deals with the construction design of the elevation into an outdoor environment designed for immobile persons.

Introduction deals with the general issue and the distribution of lifting devices. Following chapter is about researches, where are elevators which are already available on the market and can be inspirational.

The requirement list and main design solutions are made in next chapter. Based on requirement list, the optimal variant was selected from these variants, which is specified and calculated further in the work.

At the last stage of the work the technical documentation of the lift was developed.

KEYWORDS

Lift, beam, frame, hydraulic motor, platform

Obsah

Seznam použitého značení	- 11 -
Seznam ilustrací	- 12 -
Seznam tabulek	- 13 -
Úvod.....	- 14 -
1 Zdvihací zařízení.....	- 15 -
1.1 Výtahy.....	- 15 -
1.1.1 Rozdělení výtahů.....	- 15 -
1.2 Zdvihadla	- 16 -
1.3 Jeřáby	- 17 -
2 Legislativa – Výběr z norem	- 18 -
2.1 Norma ČSN ISO 4190	- 18 -
2.2 Norma ČSN EN 81-70	- 18 -
2.3 Norma ČSN ISO 9386	- 18 -
3 Rešerše	- 19 -
3.1 Schodišťové zdvihací plošiny	- 19 -
3.2 Malé výtahy pro imobilní osoby	- 20 -
3.3 Nůžkové zdvihací plošiny	- 21 -
4 Požadavkový list	- 22 -
4.1 Krátký popis.....	- 22 -
4.2 Standartní vybavení.....	- 22 -
4.3 Nabízené příslušenství	- 22 -
4.4 Základní data.....	- 22 -
4.5 Zajištění kvality.....	- 23 -
4.6 Ostatní požadavky	- 23 -
5 Návrh variant řešení	- 24 -
5.1 První varianta řešení.....	- 24 -
5.2 Druhá varianta řešení	- 27 -
5.3 Třetí varianta řešení	- 29 -
6 Výběr optimální varianty	- 31 -
6.1 Kritéria hodnocení.....	- 31 -

6.2	Bodové hodnocení.....	- 31 -
6.3	Váha významnosti.....	- 32 -
6.4	Hodnocení jednotlivých kritérií	- 32 -
6.5	Určení významnosti kritérií.....	- 32 -
6.6	Určení váhy významnosti.....	- 33 -
6.7	Hodnocení jednotlivých variant	- 35 -
7	Konstrukce zdviže.....	- 37 -
7.1	Základní parametry	- 37 -
7.2	Konstrukční návrh.....	- 37 -
7.2.1	Spodní rám	- 37 -
7.2.2	Nůžky	- 40 -
7.2.3	Uchycení hydraulického válce	- 42 -
7.2.4	Horní plošina	- 43 -
7.3	Doplňující informace	- 44 -
8	Základní výpočet pro konstrukci zdviže	- 45 -
8.1	Základní parametry	- 45 -
8.2	Statický výpočet.....	- 45 -
8.2.1	Výpočet zatížení mechanismu	- 46 -
8.2.2	Způsob zatížení mechanismu	- 47 -
8.2.3	Uvolnění těles soustavy Nosník 1 a Nosník 2	- 48 -
8.2.4	Uvolnění těles soustavy Nosník 3, Nosník 4, Nosník 5, Nosník 6, Nosník 7.....	- 51 -
8.2.5	Výpočet neznámých sil.....	- 55 -
8.3	Výsledné vnitřní účinky	Chyba! Záložka není definována.
8.3.1	Výsledné vnitřní účinky sil nosníku 3	Chyba! Záložka není definována.
8.3.2	Výsledné vnitřní účinky sil nosníku 4	- 60 -
8.3.3	Výsledné vnitřní účinky sil nosníku 5	- 62 -
8.3.4	Výsledné vnitřní účinky sil nosníku 6	- 64 -
8.4	Výpočet průměru čepů	- 66 -
8.4.1	Výpočet smykových sil	- 66 -
8.5	Návrh průřezu nosníku	- 68 -
8.6	Pevnostní kontrola čepů	- 69 -
8.7	Návrh hydraulického válce	- 70 -
	Závěr	- 71 -

Seznam použitého značení

Použitá literatura	- 72 -
Seznam příloh CD	- 73 -

Seznam použitého značení

3D		trojrozměrný model
MPa		megapascaly
kW		kilowatty
kg		kilogramy
mm		milimetry
$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$		metr za sekundu
F	[N]	Síly, Složky sil
L	[mm]	délky
M	[N.m]	momenty
V	[mm]	výška
a	[mm]	strana a
b	[mm]	strana b
c	[mm]	strana c
d	[mm]	průměr
g	[-]	gravitační konstanta
k	[-]	Součinitel bezpečnosti
p	[-][Mpa]	počet znalců, tlak
$\sum (v_i)$	[-]	součet počtu voleb jednotlivých kritérií
°C		stupeň Celsia

Seznam ilustrací

<i>Obrázek 1 Výtah</i>	- 16 -
<i>Obrázek 2: Venkovní zdvihadlo[6]</i>	- 17 -
<i>Obrázek 3: Malé výtahy pro imobilní osoby [11]</i>	- 20 -
<i>Obrázek 4: Nůžkové zdvihací plošiny [13]</i>	- 21 -
<i>Obrázek 5: Varianta 1</i>	- 24 -
<i>Obrázek 6: Detail 1</i>	- 25 -
<i>Obrázek 7: Detail 2</i>	- 25 -
<i>Obrázek 8: Detail 3</i>	- 25 -
<i>Obrázek 9:Detail uchycení válce v dolní poloze</i>	- 26 -
<i>Obrázek 10 Detail: Uchycení válce v horní poloze</i>	- 26 -
<i>Obrázek 11: Mechanismus 1. varianty</i>	- 26 -
<i>Obrázek 12: Varianta 2 Pohled zepředu</i>	- 27 -
<i>Obrázek 13: Varianta 2 Pohled zezadu</i>	- 27 -
<i>Obrázek 14: Pohled na rám</i>	- 28 -
<i>Obrázek 15: Detail pastorek - Hřebenová tyč</i>	- 28 -
<i>Obrázek 16: Pohled na vodící komponenty</i>	- 29 -
<i>Obrázek 38: Kritický způsob zatížení</i>	- 47 -
<i>Obrázek 39: Uvolnění nosníku 1 a 2</i>	- 48 -
<i>Obrázek 40: Uvolnění nosníku 1 a 2</i>	- 51 -
<i>Obrázek 41: Uvolnění nosníku 5</i>	- 52 -
<i>Obrázek 42: Uvolnění nosníku 6</i>	- 53 -
<i>Obrázek 43: Uvolnění nosníku 7</i>	- 54 -
<i>Obrázek 44: Matice M</i>	- 55 -
<i>Obrázek 45: Matice B</i>	- 56 -
<i>Obrázek 46:Matice X</i>	- 56 -
<i>Obrázek 47: Vypočtené síly</i>	- 56 -
<i>Obrázek 48: Nosník 3, silový rozbor</i>	- 57 -
<i>Obrázek 49: Výsledné vnitřní účinky nosníku 3.</i>	- 59 -
<i>Obrázek 50: Nosník 4, silový rozbor</i>	- 60 -
<i>Obrázek 51: Výsledné vnitřní účinky nosníku 4.</i>	- 61 -
<i>Obrázek 52: Nosník 5, silový rozbor</i>	- 62 -
<i>Obrázek 53: Výsledné vnitřní účinky nosníku 5.</i>	- 63 -
<i>Obrázek 54: Nosník 6, silový rozbor</i>	- 64 -
<i>Obrázek 55: Výsledné vnitřní účinky nosníku 6.</i>	- 66 -
<i>Obrázek 56: Jäcklový profil</i>	- 68 -
<i>Obrázek 57: Parametry Jäcklového profilu</i>	- 68 -
<i>Obrázek:58: Síly působící na čep</i>	- 69 -
<i>Obrázek 59: Zvolený hydromotor [7] (http://www.hydraulics.cz/ZH-PL1_str39.pdf)</i>	- 70 -

Seznam tabulek

<i>Tabulka 1: Základní data</i>	<i>- 22 -</i>
<i>Tabulka 2: Požadavky na zdviž</i>	<i>- 23 -</i>
<i>Tabulka 3: Kritéria</i>	<i>- 31 -</i>
<i>Tabulka 4: Bodové hodnocení.....</i>	<i>- 31 -</i>
<i>Tabulka 5: Váha významnosti</i>	<i>- 32 -</i>
<i>Tabulka.6: Hodnocení kritérií.....</i>	<i>- 32 -</i>
<i>Tabulka 7: Porovnání Jakub Michalski</i>	<i>- 32 -</i>
<i>Tabulka 8: Porovnání Tomáš Zezulka</i>	<i>- 33 -</i>
<i>Tabulka 9: Výsledná váha</i>	<i>- 34 -</i>
<i>Tabulka 10: Hodnocení 1 Varianta.....</i>	<i>- 35 -</i>
<i>Tabulka 11: Hodnocení 2 Varianta.....</i>	<i>- 35 -</i>
<i>Tabulka 12: Hodnocení 3. Varianty.....</i>	<i>- 36 -</i>
<i>Tabulka 13: Pořadí variant.....</i>	<i>- 36 -</i>
<i>Tabulka 14: Základní parametry.....</i>	<i>- 37 -</i>
<i>Tabulka 15: Základní parametry.....</i>	<i>- 45 -</i>
<i>Tabulka 16: Složky sil</i>	<i>- 57 -</i>
<i>Tabulka 17: Výsledné smykové síly.....</i>	<i>- 67 -</i>

Úvod

V dnešní technické době je cílem každého si v co největší míře usnadnit, zjednodušit a také zrychlit celý pracovní proces. To mělo za následek, že se z obyčejných kladkostrojů a navíjedel s ručním pohonem staly plnohodnotné náhrady zvedacích zařízení ať už s elektrickým, pneumatickým nebo hydraulickým pohonem.

Tato diplomová práce pojednává o zvedacím zařízení, které usnadní lidem s omezenými pohybovými možnostmi přístup do vyvýšených míst. Úkon spočívá ve zvednutí břemene, v našem případě invalidního vozičku a člověka do požadované výšky.

První kapitola teoretické části této práce obecně popisuje různé typy zvedacích zařízení, které se dále pak rozděluje podle způsobu práce, dopravní vzdálenosti a zásadního konstrukčního provedení na jeřáby, výtahy, zdvihadla a zvedáky.

Ve druhé kapitole je sepsána legislativa, kterou je nutno při návrhu zdvihadel respektovat a dodržovat.

Třetí kapitola je pak zcela zaměřena na zvedací zařízení pro imobilní osoby a to jak na zdviže hydraulické, s elektrickým pohonem, nebo nůžkové mechanismy.

Součástí diplomové práce je i část praktická, kde navrhuji zvedací zařízení pro imobilní osoby.

V první řadě je vytvořen požadavkový list, na jehož základě jsou navrženy možné varianty řešení.

Dalším postupem je výběr optimální varianty pomocí hodnotové analýzy. Na základě analýzy je vybrána optimální varianta, ke které jsem vytvořil detailní 3D model v programu Creo Parametric a dimenzoval základní části mechanismu.

Poslední částí práce je technická dokumentace, sestavné a výrobní výkresy.

1 Zdvihací zařízení

Zdvihací zařízení se rozdělují do základních skupin podle konstrukčního provedení, zdvihací dopravní vzdálenosti a způsobu práce na: [1]

- Výtahy
- Zdvihadla
- Jeřáby

1.1 Výtahy

Výtah je strojní zařízení, které slouží k vertikální dopravě osob a břemen mezi dvěma nebo více místy. Osoby nebo náklad jsou umístěny při dopravě na plošině, která tvoří nosnou část kabiny nebo klece. Klec je vedena pevnými vodítky, která jsou ukotvena na stěnách šachty výtahu. Vodítka umožňují jediný možný pohyb klece, a to přímočarý pohyb nahoru a dolů. Klec je zavěšena na jednom nebo více nosných prostředcích, které ji spojují s motorickým zdvihacím ústrojím (výtahovým strojem). [1]

Práce výtahu je většinou přerušovaná, tzn., že nastupování (vystupování) osob nebo nakládání (vykládání) břemen probíhá při stojící kabině. Existují také výtahy s nepřetržitým pracovním cyklem, např. osobní oběžné výtahy, tzv. Paternostery, u nichž nastupování (vystupování) osob probíhá za provozu.

Mezi výtahy řadíme i pohyblivé schody, nebo-li eskalátory. Z ekonomického řešení dopravních problémů v budovách se často využívá kombinace výtahů a eskalátorů. [2]

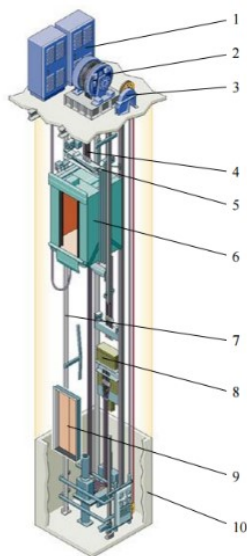
1.1.1 Rozdělení výtahů

Podle druhu použitého pohonu rozdělujeme výtahy do tří základních skupin: [3]

1. výtahy s elektrickým pohonem
2. výtahy s hydraulickým pohonem
3. výtahy s pneumatickým pohonem (velmi zřídka)

Třídy elektrických výtahů dle normy ČSN ISO 4190-1: [4]

- **třída I - výtahy určené pro přepravu osob**
- třída II - výtahy určené převážně pro přepravu osob (možná přeprava nákladů)
- třída III - výtahy určené pro přepravu lůžek
- třída IV - výtahy určené především pro dopravu nákladů, které jsou obvykle doprovázeny osobami
- třída V - malé nákladní výtahy



Obrázek 1 Výtah [1]

1 - elektroinstalace, 2 - výtahový stroj, 3 - omezovač rychlosti, 4 - nosné prostředky, 5 - rám
klece výtahu, 6 - kabina, 7 - vodítko, 8 - protizávaží, 9 - šachetní dveře, 10 – šachta

1.2 Zdvihadla

Zdvihadlo je specializovaný dopravní prostředek, který slouží k transportu břemen nejčastěji ve vertikálním směru, může se ale jednat i o směr horizontální, který je případně kombinovaný i s otáčivým pohybem.

Zdvihadla tvoří zvláštní a různorodou podskupinu specializovaných dopravních strojních zařízení, která zahrnuje například výtah, pater-noster, kladkostroj, jeřáb, eskalátor, vrátek, pohyblivý chodník, lodní výtah, vysokozdvizhý vozík, vysokozdvizhnu plošinu, zvedací plošinu, pásový dopravník, lyžařský vlek, lanovou dráhu a další.

Při používání zdvihadla je třeba dodržovat jeho předepsanou únosnost tak, aby nedošlo k jeho zhroucení s nepříznivými následky, např. poškození zdraví či majetku. [2]

Řada zdvihadel (zdvihacích zařízení) patří mezi takzvaná "Vyhrazená technická zařízení" podle vyhlášky 392/2003 sbírky zákonů a vyhlášky 394/2003 Sb. Zjednodušeně lze říci, že taková zdvihadla smějí montovat jen oprávnění (přezkoušení) pracovníci, zdvihadla podléhají pravidelným a zdokumentovaným kontrolám a revizím. Vyhláška zná také kategorii nevyhrazených zařízení, pro které jsou podmínky provozování a kontrol jednodušší. Vyhrazená zdvihací zařízení jsou: [2]

- Jeřáby o nosnosti nad 5 000 kg
- Pohyblivé pracovní plošiny s výškou zdvihu nad 3 m
- Pojízdná zdvihadla a jeřáby
- Stavební výtahy s výškou zdvihu nad 3 m, jimiž se dopravují také osoby

- Výtahy, které jsou trvalou součástí staveb o nosnosti nad 100 kg a s výškou zdvihu nad 2 m
- Regálové zakladače se svisle pohyblivými stanovišti obsluhy



Obrázek 2: Venkovní zdvihadlo[4]

1.3 Jeřáby

Jsou zdvihací zařízení, kterým se přemísťují břemena svislým a vodorovným pohybem ve vymezeném prostoru. Při označování různých druhů jeřábů se zpravidla přihlíží k celkovému tvaru nebo tvaru jeho charakteristické části, druhu pohonu, druhu pohybu, druhu práce a místu použití. Druh jeřábu určuje zejména jeho nosná konstrukce a podle toho rozeznáváme jeřáby: [5]

- mostové
- portálové
- sloupové a věžové
- konzolové
- silniční a kolejové
- plovoucí
- lanové

2 Legislativa – Výběr z norem

Následující kapitola obsahuje výběr z norem o konstrukci výtahů a zdvihů. Tyto normy byly vyhledány ve školní knihovně, pomocí systému instalovaném v jednom z počítačů.

2.1 Norma ČSN ISO 4190

- **ISO 4190** stanoví potřebné rozměry pro zřizování osobních výtahů třídy I, II, III, a VI.
Třída I - výtahy určené pro dopravu osob
Třída II - výtahy určené pro dopravu osob, ale může se v nich dopravovat i náklad
Třída III - výtahy určené pro zdravotnické účely včetně nemocnic
Třída IV - výtahy určené především pro dopravu nákladu
Třída V - malé nákladní výtahy
- **ISO 4190** platí pro nové výtahy, bez ohledu na druh pohonu, s klecí s jedním vstupem, zřizované v nových budovách. Kde na tom záleží, může se použít i pro zřizování výtahu v existující budově. Norma se nevztahuje na výtahy s rychlostí větší než 6 m/s, zřizování výtahů je třeba konzultovat s výrobcí.

2.2 Norma ČSN EN 81-70

Bezpečnostní předpisy pro konstrukci a montáž výtahů: Zvláštní úprava výtahů určených pro dopravu osob a osob a nákladů - Přístupnost výtahů včetně osob s omezenou schopností pohybu a orientace

2.3 Norma ČSN ISO 9386

Poháněné zdvihací plošiny pro osoby s omezenou pohyblivostí - Bezpečnostní předpisy, rozměry a provoz - Část 1: Svislé zdvihací plošiny

3 Rešerše

V následující kapitole jsou popsány plošiny a výtahy, které jsou již na trhu k dispozici. Jsou vybrány nejčastěji používané mechanismy. Rešerše nám vylepší přehled o těchto zařízeních a může sloužit jako inspirace při samotném návrhu.

3.1 Schodišťové zdvihací plošiny

Tyto plošiny se dají často sklopit, a to ať už mechanicky nebo manuálně. Po sklopení plošina zabere minimální plochu schodiště.

Plošiny jsou vhodné pro jakýkoli druh schodiště, ať už schodišť podestových či točitých. Jediným omezujícím parametrem je šířka schodiště.

Výhodou těchto plošin je také jednoduchá montáž. Plošiny se přizpůsobí jakémukoli schodišti. Můžeme ji tedy na schodiště přimontovat kdykoli, není tak nutné s plošinou počítat při stavbě samotného schodiště. Výhodou těchto plošin je variabilita samotné plošiny. Dráha, po které se plošina pohybuje, má nejčastěji tvar zábradlí.

Jako pohon těchto plošin slouží elektromotor, který plošinu pohání pomocí ozubeného pastorku, který je na plošině. Ozubené kolečko spolu zabírá do ozubeného hřebene. Dalším z řešení je řetězový pohon, ten je však vhodný pouze pro schodiště přímá a krátká. [6]

Plošiny dělíme na: [6]

- plošiny s přímou dráhou
- plošiny s lomenou dráhou
- plošiny s dráhou do zatáčky



Obrázek 3: Schodišťová plošina [7]

3.2 Malé výtahy pro imobilní osoby

Tyto výtahy jsou plnohodnotnou náhradou za velké osobní výtahy. Konstrukčně jsou podobné plošinám pro imobilní osoby. Tyto výtahy už však musí být vedeny v šachtě. Šachta s sebou nese výhody i nevýhody. Výhodou jsou vyšší zdvihy až 12 m. Nevýhodou je větší náročnost na prostor.

Tento druh výtahů (plošin) je velice náročný na prostor, jelikož šachta výtahu zabírá další plochu okolo kabiny. Z toho důvodu je vhodné na výtah myslet už při stavbě samotného domu. Tyto výtahy nebývají montovány ke zdem, ve většině případů vedou skrz podlaží domu.

Pohony tedy mohou být: [6]

- lanové
- hydraulické
- řetězové
- mechanické



Obrázek 3: Malé výtahy pro imobilní osoby [8]

3.3 Nůžkové zdvihací plošiny

Nůžkový mechanismus se skládá ze dvou kloubově uložených rámu, kde jsou jednotlivé části mechanismu spojeny čepy. Nůžkový mechanismus je spojen se spodním rámem a rovněž i s horním rámem na dvou místech ložisky. Na protější straně se nacházejí vodící kladky, které pojíždějí v kolejnicích uložených v podlaze v případě, když se horní pracovní plošina pohybuje. Pohyb horního rámu s pracovním košem, který se pohybuje souběžně a kolmo k základnímu rámu, je způsoben roztahováním nůžek. [9]

Podle pracovního zdvihu může být nůžkový mechanismus:

- Jednonůžkový (zdvihy do 1 metru)
- dvojnůžkový
- trojnůžkový
- vícenůžkový (zdvihy do 12 metrů)



Obrázek 4: Nůžkové zdvihací plošiny [10]

4 Požadavkový list

Byl vytvořen požadavkový list, který specifikuje samotný návrh zdviže. Požadavky byly vytvořeny při konzultacích s vedoucím práce. Některé požadavky vyplývají z výše uvedených norem o konstrukci zdvižných zařízení.

4.1 Krátký popis

Zařízení, pro zvedání vozíčkářů ve venkovním prostředí o maximálním zdvihu 1,5 metrů (nedostaneme se do oblasti výtahů).

4.2 Standartní vybavení

Připraveno pro použití zákazníka – nainstalovat a používat

Zařízení vybaveno ovládacím panelem, bezpečnostními tlačítky

Standartní barva modrá, bílá, šedá, oranžová, černá

4.3 Nabízené příslušenství

Manuál k obsluze zařízení

4.4 Základní data

Rozměry vozíku.:

Vlastnost	Hodnota	Jednotka
Výška vozíku	95	cm
Šířka vozíku	Šířka sedu + 20	cm
Délka vozíku	105	cm
Výška sedu	54	cm
Šířka sedu	51	cm
Délka stupaček	49	cm
Hmotnost vozíku	60	kg

Tabulka 1: Základní data

Základní požadavky na zdviž:

Vlastnost	Hodnota	Jednotka	Norma
Hmotnost celého zařízení	max. 2000 kg	kg	Ne
Minimální rozměry plošiny	min.800 x 1250	mm	Ano
Prostředí používání	Venkovní	-	Ne
Životnost	10	rok	Ne
Maximální hlučnost	$L_p \leq 69$ db (A)	db	Ano
Teplota okolí	(-30) - (+ 40) °C	°C	Ne
Maximální výška zdvihu	1,5	m	Ne
Dopravní rychlost	Max. 0.15	m/s	Ano
Četnost používání	max. 10 x den	den	Ne
Nosnost	Min. 250	kg	Ano

Tabulka 2: Požadavky na zdviž

- Další požadavky vyplývají z norem.

4.5 Zajištění kvality

ČSN EN 14502-1 - Zařízení pro zdvihání osob.

ČSN EN 1756-2+ - A1 Zdvíhací čela pro dopravu osob

ČSN EN 81-70 – Norma o kleci výtahu

ČSN ISO 9386 – Všeobecné požadavky

ISO 4190 - Rozměry pro zřizování osobních výtahů

4.6 Ostatní požadavky

Pravidelné udržování zařízení

Nehořlavé materiály

Tuhost plošiny

Přesné zastavení plošiny v nástupním a výstupním místě

Minimální působení plošiny na konstrukci, kde bude instalována.

Vyrobeno z materiálu nezpůsobující alergie

Minimální cena

Odolnost vůči vodě, prachu, mrazu, teplu, vibracím

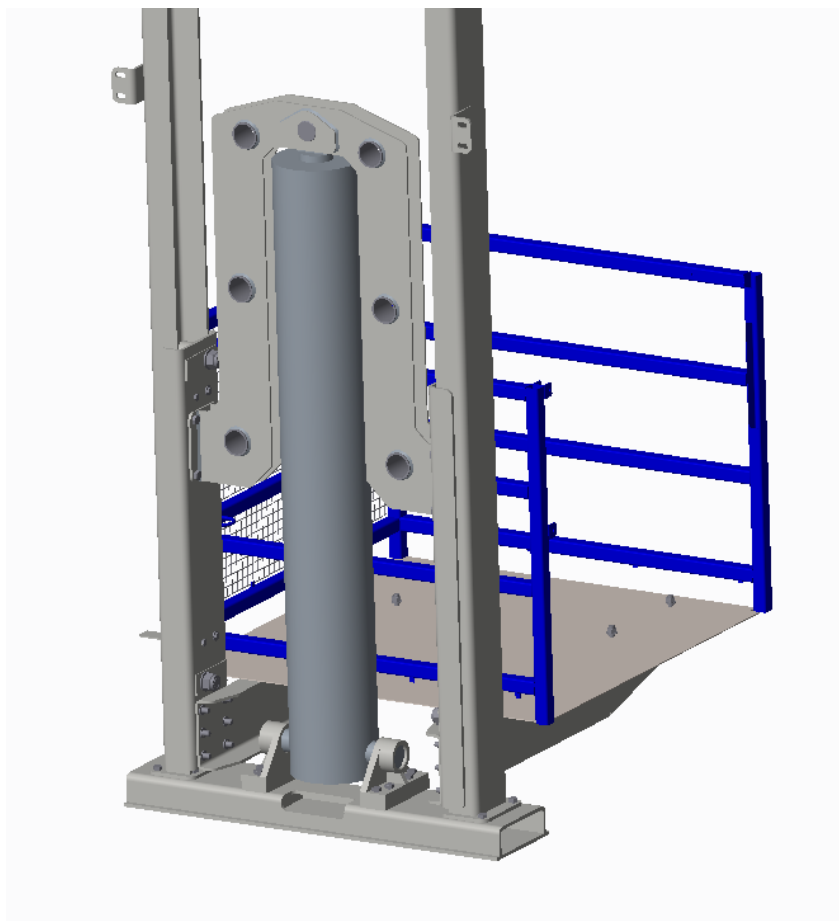
5 Návrh variant řešení

Práce obsahuje tři varianty různých řešení konstrukce zařízení. Variant bylo vymodelováno více, aby mohla být provedena hodnotová analýza, díky které se vybere optimální varianta řešení. Tyto koncepty nejsou modelovány do detailu, nicméně pro posouzení a vybrání vhodné varianty nám tyto koncepty postačí. V následujících kapitolách je každá varianta v krátkosti popsána a je vysvětlen její princip.

5.1 První varianta řešení

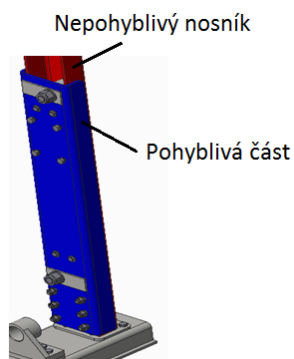
První varianta řešení vyplývá z použití hydraulického teleskopického válce. Díky hydraulickému válci je nosnost plošiny mnohem větší, než je požadováno. Zařízení se skládá ze tří hlavních komponent. První z nich je vodící nosník, pomocí kterého je plošina vedena. Dále je to plech, který je přidělán k hydraulickému válci a k výše zmiňovaným vodícím nosníkům. Třetí hlavní součást jsou vidlice, které jsou přišroubovány k pohyblivému nosníku.

Lehký a plynulý pohyb je zajištěn pomocí vodících segmentů uvnitř nosníků.



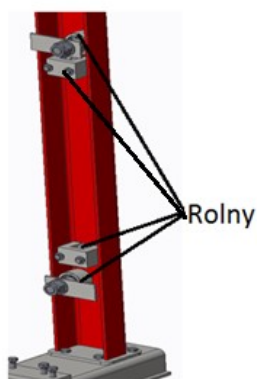
Obrázek 5: Varianta 1

Na následujících obrázcích lze detailněji vidět mechanismus, kterým se uskutečňuje pohyb plošiny. Tento mechanismus tvoří dvě hlavní části. Nepohyblivý nosník, který tvoří vedení a pohyblivá část, která se pohybuje po nepohyblivém nosníku.



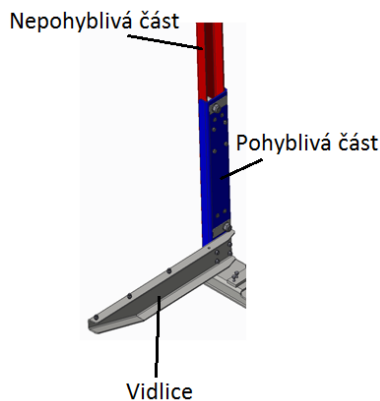
Obrázek 6: Detail 1

Na pohyblivou část mechanismu jsou pomocí čepů přišroubovány nastavitelné rolly. Díky tomu, se pohyblivá část nezasekává a pohybuje se hladce.



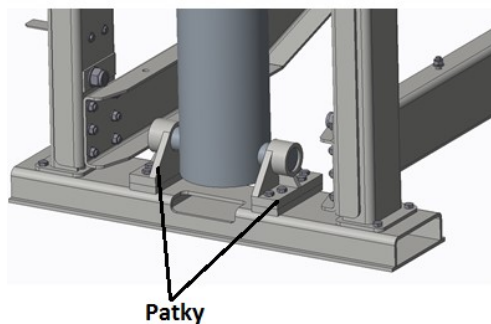
Obrázek 7: Detail 2

Na pohyblivou část je přišroubována vidlice, na niž je potom upevněna kabina, na které se bude pohybovat imobilní osoba.

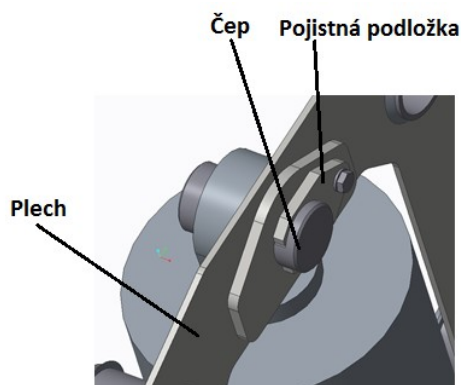


Obrázek 8: Detail 3

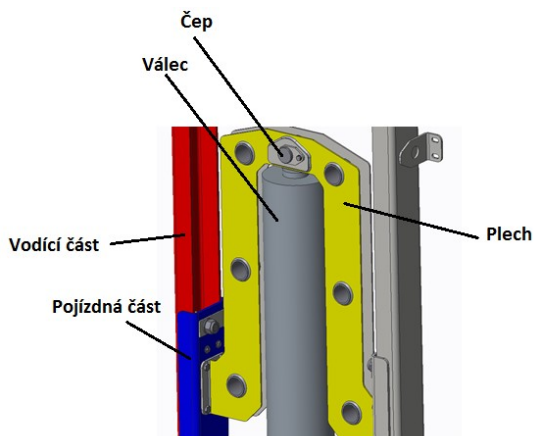
Uchycení hydraulického válce na mechanismu je řešeno pomocí patek, které drží hydraulický válec v dolní poloze. Pístnice je uchycena pomocí čepu, který je prostrčen písním otvorem, plechem a zajištěn pomocí speciální pojistné podložky.



Obrázek 9: Detail uchycení válce v dolní poloze



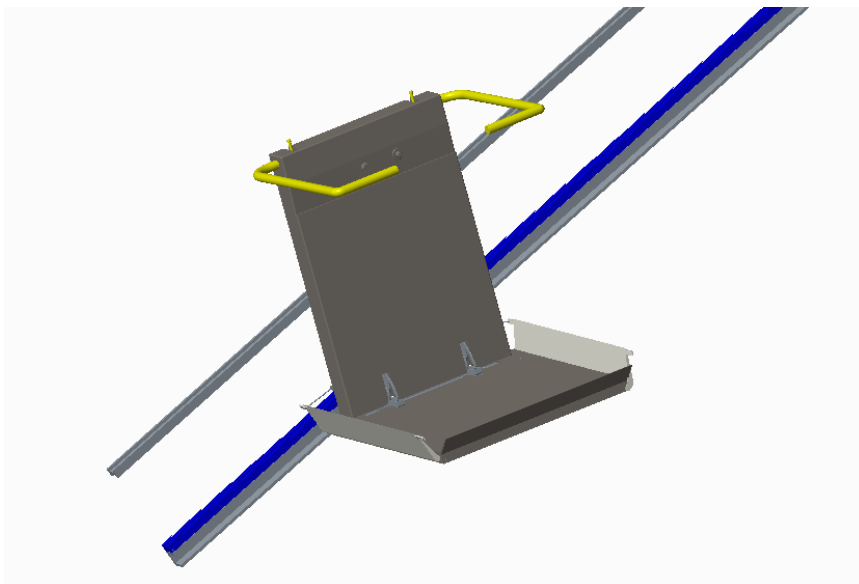
Obrázek 10 Detail: Uchycení válce v horní poloze



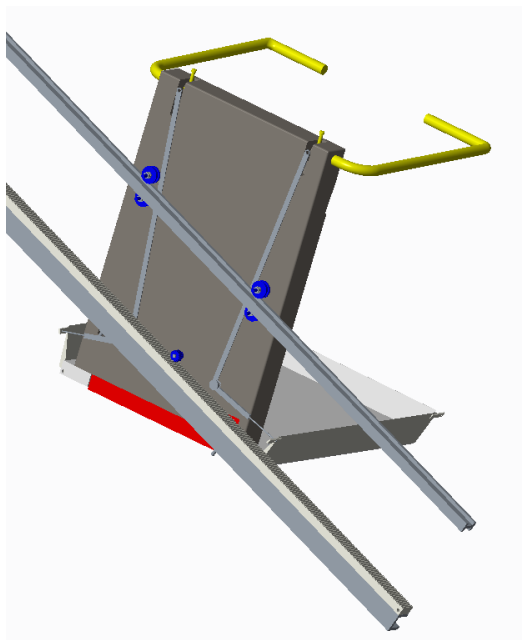
Obrázek 11: Mechanismus 1. varianty

5.2 Druhá varianta řešení

Druhá varianta řešení vyplývá z použití schodišťové plošiny. Tato varianta je založena na pohybu pastorku po hřebenové tyči. Díky tomuto spojení, se pohybuje celá plošina po nakloněné rovině. Varianta se skládá z rámu, elektromotoru, převodovky, na jejíž hřídel je nalisován pastorek, který se odvaluje po hřebenové tyči, která je uchycena na zábradlí. Nástupní plošina se dá sklopit a nezabírá tak místo.

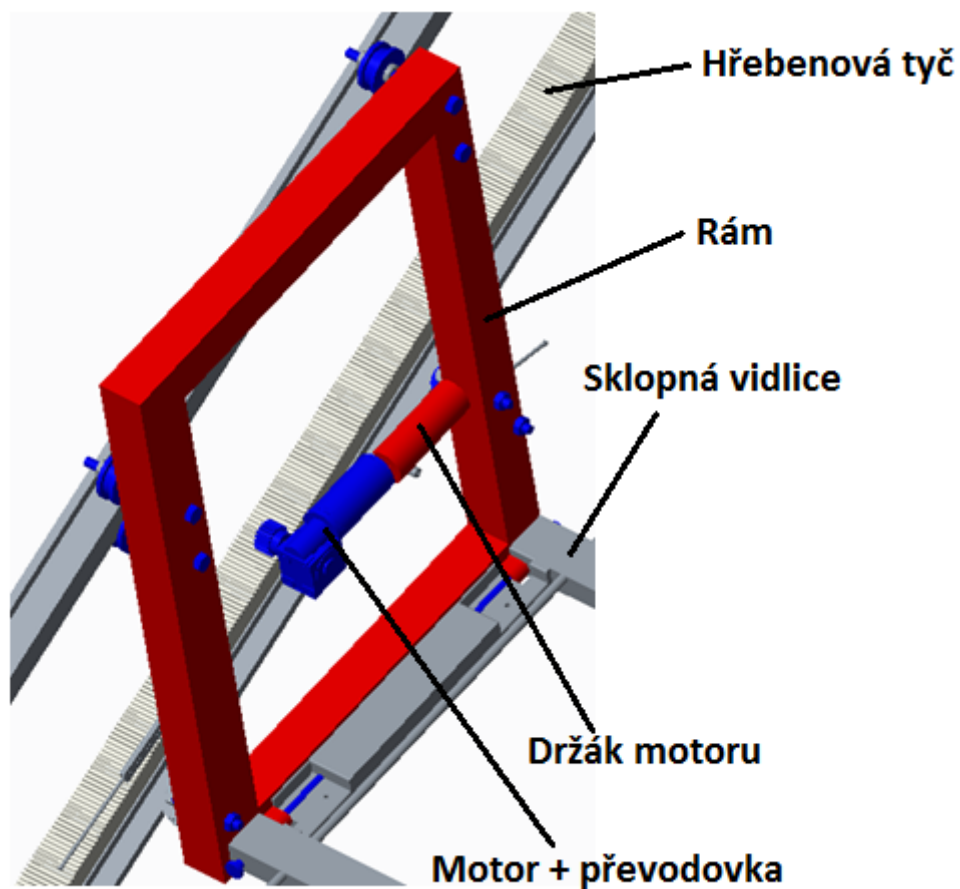


Obrázek 12: Varianta 2 Pohled zepředu



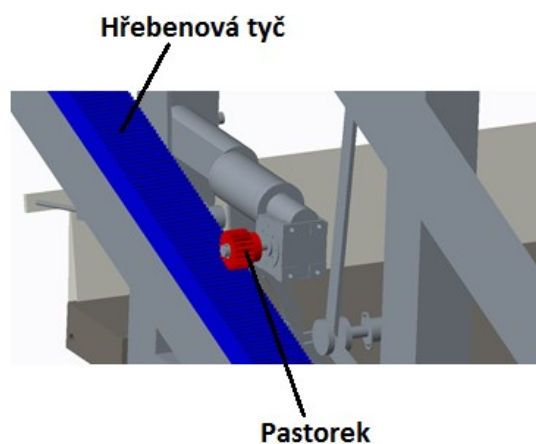
Obrázek 13: Varianta 2 Pohled zezadu

Na následujícím obrázku lze vidět zdviž bez ochranného krytování. Nosnou částí je rám, na který je přišroubován držák motoru a samotný motor. K rámu je pomocí hřídele připojena sklopná vidlice a zajištěna pomocí pojistných kroužků.



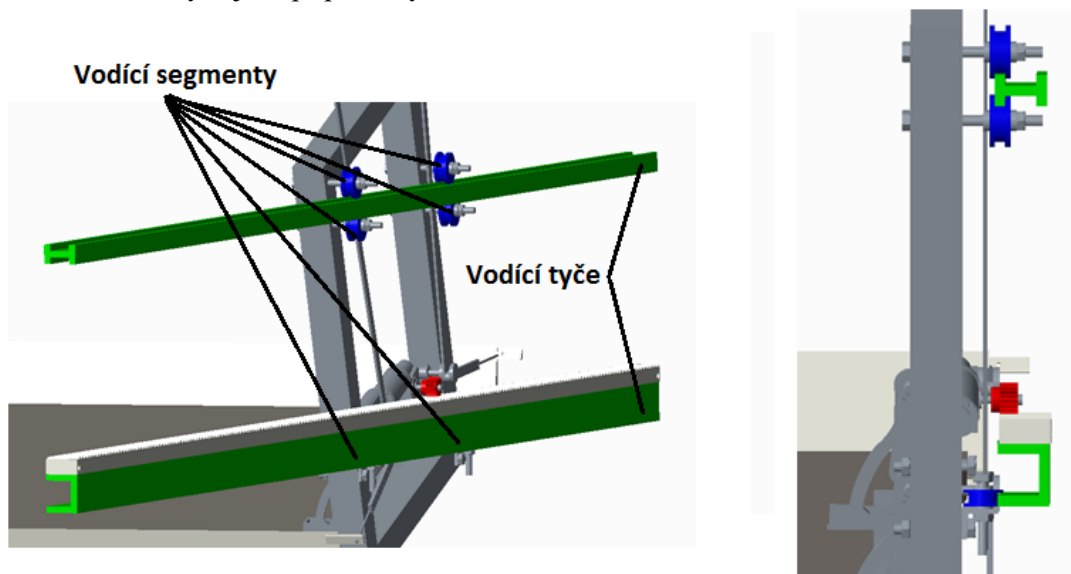
Obrázek 14: Pohled na rám

Pastorek, který je umístěn na výstupní hřídeli z převodovky a zabírá na hřebenové tyči, jak lze vidět na následujícím obrázku, tím dochází k pohybu plošiny po nakloněné rovině.



Obrázek 15: Detail pastorek - Hřebenová tyč

Pro snadný pohyb je plošina vedena pomocí dvou vodících tyčí a šesti vodících segmentů, jak lze pozorovat na následujícím obrázku. Vodící segmenty jsou uchyceny v rámu, pomocí čepů a zajištěny maticí. Vodící tyče jsou připevněny k zábradlí schodiště.



Obrázek 16: Pohled na vodící komponenty

5.3 Třetí varianta řešení

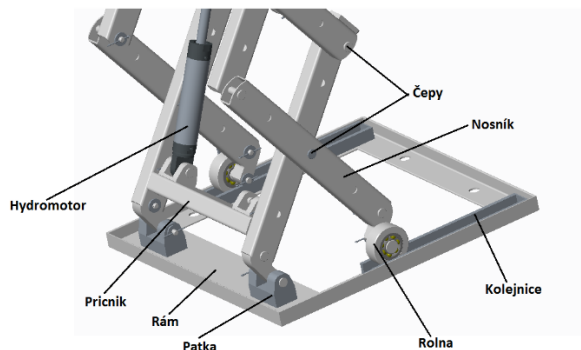
Vychází z použití nůžkového mechanismu.

Nůžkový mechanismus se skládá ze dvou kloubově uložených rámu, kde jsou jednotlivé části mechanismu spojeny čepy. Nůžkový mechanismus je spojen se spodním rámem a rovněž i s horním rámem na dvou místech pomocí čepů. Na protější straně se nacházejí vodící rolly, které pojíždějí v kolejnicích uložených ve spodním a horním rámu, v případě, když se horní pracovní plošina pohybuje směrem nahoru, nebo dolů. Pohyb horního rámu s nástupní plošinou, je způsoben roztahováním a zatahováním nůžek pomocí hydraulického válce.



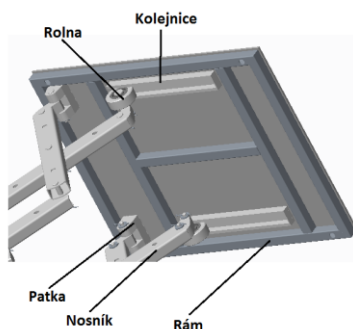
Obrázek 19: Nůžková zdviž

Na následujícím obrázku jsou popsány jednotlivé komponenty spodního mechanismu. Celý mechanismus je postaven na rámu. Na tento rám jsou připevněny patky a kolejnice. Nosníky jsou uchyceny v patkách pomocí čepů. Lineární pohyb v kolejnici zajišťuje rolna, která se po ní odvaluje.



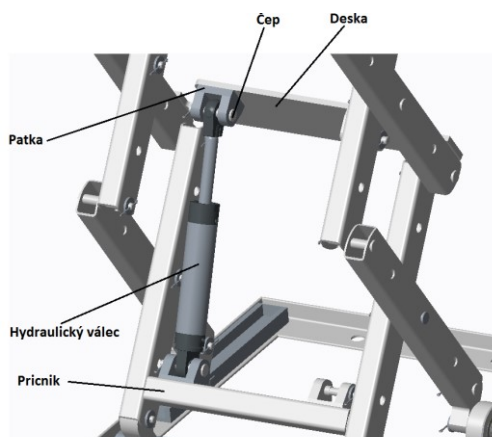
Obrázek 20: Detail nůžkové zdviže spodní rám

Nadcházející obrázek zachycuje detail konstrukce horního rámu.



Obrázek 21: Detail nůžkové zdviže horní rám

Uchycení hydraulických válců na mechanismus je řešeno pomocí čepů a patek. Patky jsou připevněny k příčníku a desce, jak lze pozorovat na následujícím obrázku.



Obrázek 22: Uchycení válců

6 Výběr optimální varianty

V této kapitole je proveden výběr optimální varianty. Tato metoda výběru vychází z požadavkového listu. K výběru optimální varianty je použita Hodnotová analýza.

6.1 Kritéria hodnocení

Na základě požadavkového listu jsou vybrány kritéria, na nichž bude provedena hodnotová analýza.

Označení kritéria	Kritérium	Charakteristika kritéria
K1	Náklady	Celková výše nákladů spojená s realizací projektu
K2	Složitost	Složitost konstrukce
K3	Nosnost	Míra únosnosti zařízení
K4	Zdvih	Dosažení požadovaného zdvihu
K5	Odolnost	Odolnost vůči působení venkovního prostředí
K6	Životnost	Celková životnost zařízení
K7	Energetická náročnost	Náročnost celku z hlediska spotřeby energie

Tabulka 3: Kritéria

6.2 Bodové hodnocení

Konstruované varianty jsou ohodnoceny pomocí bodů, viz. tabulka 2

Úroveň kritéria	Body
Vysoká	10
Dobrá	8
Průměrná	6
Nízká	4
Nevyhovující	2
Nereálné	0

Tabulka 4: Bodové hodnocení

6.3 Váha významnosti

Podle počtu sestavených kritérií je maximální hodnotou číslo 7. Tato hodnota odpovídá nejvyšší významnosti. Hodnota 1 je naopak nejnižší.

Významnost	Hodnota
Nejvyšší	7
Nejnižší	1

Tabulka 5: Váha významnosti

6.4 Hodnocení jednotlivých kritérií

Všechny varianty byly ohodnoceny podle jednotlivých kritérií.

Označení kritéria	1. Varianta	2. Varianta	3. Varianta
K1	6	6	8
K2	4	6	6
K3	10	4	10
K4	10	8	10
K5	8	4	8
K6	8	6	10
K7	6	10	6

Tabulka.6: Hodnocení kritérií

6.5 Určení významnosti kritérií.

K určení významnosti kritérií je použita metoda porovnání páru v trojúhelníku. Tučně označené písmenko s číslem má pro mne větší význam.

Vypracoval: Jakub Michalski							
Porovnávané páry kritérií						Počet voleb	Pořadí
K1	K1	K1	K1	K1	K1	3,5	2
	K2	K2	K2	K2	K2	3	4
		K3	K3	K3	K3	3	4
			K4	K4	K4	4,5	1
				K5	K5	2,5	5
					K6	1	6
					K7	0.5	7
						18	

Tabulka 7: Porovnání Jakub Michalski

Tučně označené písmenko s číslem má pro mne větší význam.

Vypracoval: Tomáš Zezulka							
Porovnávané páry kritérií						Počet voleb	Pořa
K1	K1	K1	K1	K1	K1	3,5	1
	K2	K2	K2	K2	K2	3	2
		K3	K3	K3	K3	2	3
			K4	K4	K4	3	2
				K5	K5	2	3
					K6	0,5	4
					K7	1	5
						15	

Tabulka 8: Porovnání Tomáš Zezulka

6.6 Určení váhy významnosti

Váha významnosti je obecně závislá na celkovém počtu voleb. Může tedy být určena lineární rovnicí, která má následující základní tvar:

$$q = k \cdot v + b \quad (1)$$

q – váha významnosti; k – směrnice přímky; v – počet voleb; b – posunutí přímky

V dalším kroku, po dosazení nejmenší hodnoty v ($v_{\min} = 0,5$) a nejmenší hodnoty významnosti q ($q_{\min} = 1$), do výše uvedeného vztahu (6.1) se získá následující rovnice:

$$1 = k \cdot 0,5 + b$$

Následně po dosazení nejvyšší hodnoty v ($v_{\max} = 4,5$) a nejvyšší hodnoty významnosti q ($q_{\max} = 7$), do základní tvaru (6.1) se získá následující rovnice:

$$7 = k \cdot 4,5 + b$$

Vzniknou tedy dvě rovnice o dvou neznámých:

$$1 = k \cdot 0,5 + b$$

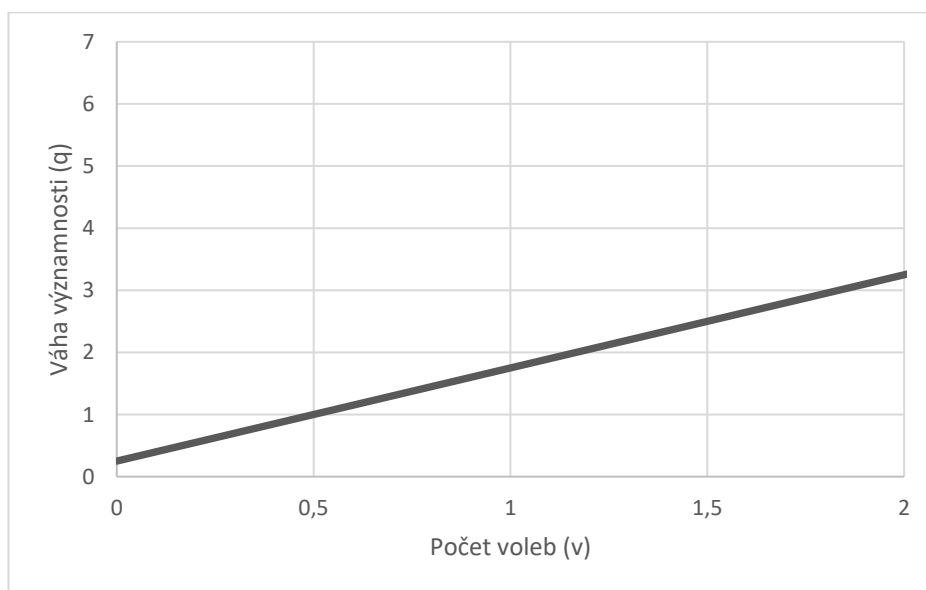
$$7 = k \cdot 4,5 + b$$

Řešení této soustavy je:

$$k = \frac{6}{4}; b = \frac{2}{8}$$

Na základě vypočítaných koeficientů se určí vztah pro závislost váhy významnosti na počtu voleb. Tento poměr je popsán následující rovnicí:

$$q = \frac{6}{4} \cdot v + \frac{2}{8}$$



Obrázek 23: Počet voleb/Váha významnosti

V tabulce níže jsou uvedeny váhy významnosti. Kritérium, které má vyšší váhu významnosti má pro výběr optimální varianty vyšší význam.

Označení kritéria	1. Hodnocení	2. Hodnocení	Výsledná váha
K1	5,5	5,5	5,5
K2	4,75	4,75	4,75
K3	4,75	3,25	4
K4	7	4,75	5,875
K5	4	3,25	3,625
K6	1,75	1	1,375
K7	1	1,75	1,375

Tabulka 9: Výsledná váha

Určení váhy významnosti se provede podle následujícího vztahu.

q – váha významnosti

$$q = \frac{\Sigma(v_i)}{p} \quad \Sigma(v_i) - \text{součet počtu voleb jednotlivých kritérií} \quad (2)$$

p – počet znalců porovnání

6.7 Hodnocení jednotlivých variant

Pro zjištění váženého indexu kritéria je vynásobena bodová hodnota daného kritéria s každou variantou a následně s konkrétní váhou významnosti. Součtem je vážený index kritéria.

Varianta 1:

Označení kritéria	Bodové hodnocení	Váha významnosti q	Vážený index kritéria
K1	6	5,5	33
K2	4	4,75	19
K3	10	4	40
K4	10	5,875	58,75
K5	8	3,625	29
K6	8	1,375	11
K7	6	1,375	8,25
Celkový součet indexů			199

Tabulka 10: Hodnocení 1 Varianta

Varianta 2:

Označení	Bodové hodnocení	Váha významnosti q	Vážený index kritéria
K1	6	5,5	33
K2	6	4,75	28,5
K3	4	4	16
K4	8	5,875	47
K5	4	3,625	14,5
K6	6	1,375	8,25
K7	10	1,375	13,75
Celkový součet indexů			161

Tabulka 11: Hodnocení 2 Varianta

Označení kritéria	Bodové hodnocení	Váha významnosti q	Vážený index kritéria
K1	8	5,5	44
K2	6	4,75	28,5
K3	10	4	40
K4	10	5,875	58,75
K5	8	3,625	29
K6	10	1,375	13,75
K7	6	1,375	8,25
Celkový součet indexů			222,25

Tabulka 12: Hodnocení 3. Varianty

Součet vážených indexů z každého jednotlivého hodnocení variant, je pro přehlednost uveden v tabulce níže. Dle výše uvedených indexů byly varianty seřazeny do níže uvedeného pořadí.

Varianta	Součet vážených indexů	Pořadí
1.	199	2.
2.	161	3.
3.	222,25	1.

Tabulka 13: Pořadí variant

S odkazem na předchozí výpočty je zřejmé, že optimální variantou je varianta číslo 3. Tedy nůžková zdviž, kterou se bude práce nadále zabývat.

7 Konstrukce zdviže

Následující kapitola se bude zabývat detailním konstrukčním návrhem nůžkové zdviže, podle zásad norem a legislativ k tomu určených.

7.1 Základní parametry

Pro následující řešení jsou zvoleny následující parametry.

- Horní plošina je nepohyblivá, hmotnost horní plošiny maximálně 100kg.
- Pohon plošiny pomocí hydraulického válce.
- Tří nůžkový mechanismus.

Pro návrh plošiny jsou zvoleny vstupní parametry:

Vlastnost	Hodnota	Jednotka
Rozměry nosné plošiny	1000 x 1250	mm
Výška zdvihu	1,5	m
Dopravní rychlost	Max. 0.15	m/s
Nosnost	350	kg

Tabulka 14: Základní parametry

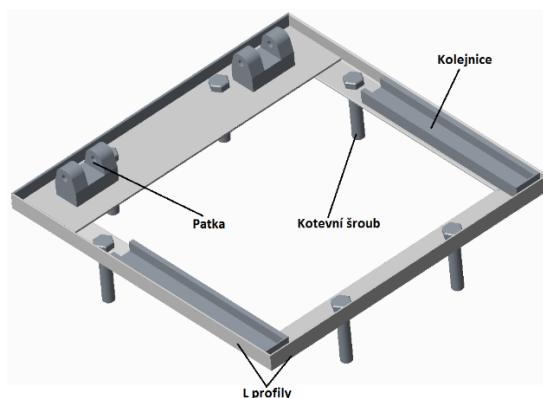
Do nosnosti je započítána hmotnost člověka 120 kg, hmotnost vozíku 100 kg a hmotnost horní nástupní plošiny 100 kg.

7.2 Konstrukční návrh

Kapitola se zabývá konstrukčním návrhem jednotlivých uzlů tří nůžkového mechanismu. Každý uzel bude detailně vyřešen a popsán.

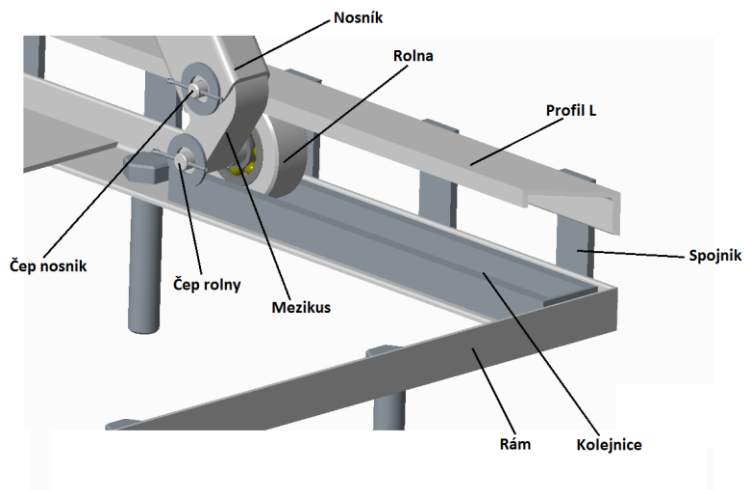
7.2.1 Spodní rám

Spodní rám zdviže je tvořen pomocí svařovaných ocelových profilů L 1000 x 1000 mm. [11]



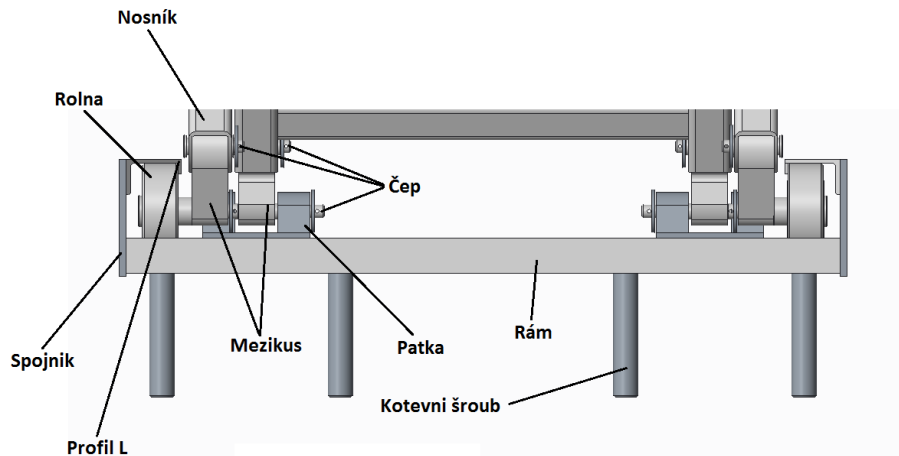
Obrázek 24: Spodní rám

Do připravených děr v profilech spodního rámu se umístí kotevní šrouby, které se pomocí chemické kotvy připevní do betonu a drží tak celkovou stabilitu nůžkové zdviže. Na spodní rám jsou přivařeny kolejnice a patky. V těchto kolejnicích se při zdvihání a spouštění zdviže pohybují rolny [12]. V patkách se otáčejí základní profily nůžkové zdviže.



Obrázek 25: Pojezd rolny

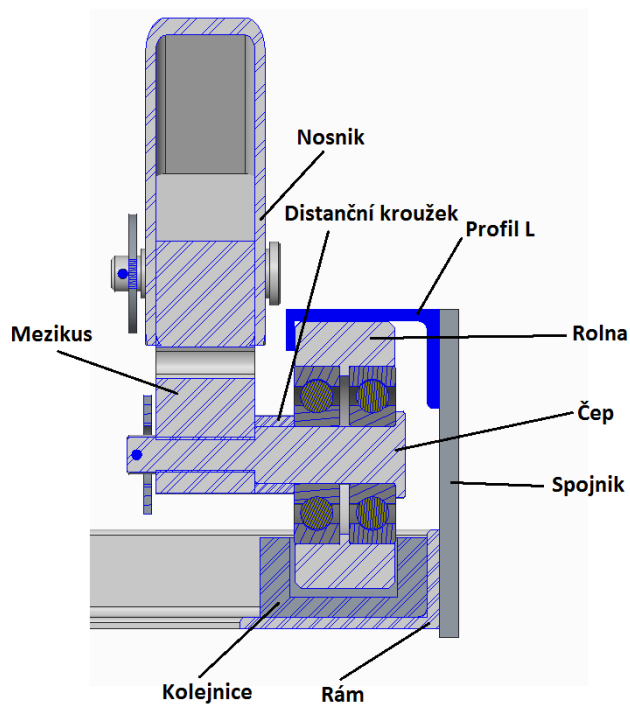
Na obrázku č. 25 je zobrazen detail pohybu rolny v kolejnici. Rolna je uložena v ložiscích a pomocí čepu uchycena v mezikusu. Mezikus je nasunut a pomocí čepu uchycen v nosníku. Pro zablokování zdviže proti překlopení, je k rámu pomocí spojníků přivařen L profil.



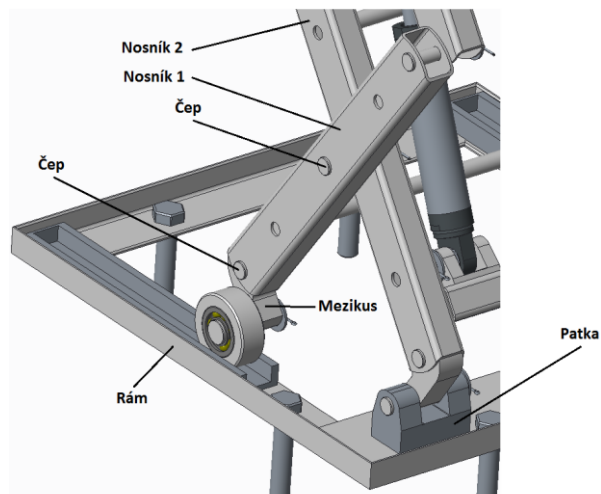
Obrázek 26: Čelní pohled na rám a pojezd

Čepy na mechanismu jsou uloženy v pouzdrech, zajištěny pomocí podložek a závlaček.

Obrázek č. 26 zachycuje řez v místě spodního rámu v rovině rolny. Rolna je nasazena na čep, který je prostrčen mezikusem a nosníkem. Odvaluje se v kolejnici a profilu L.

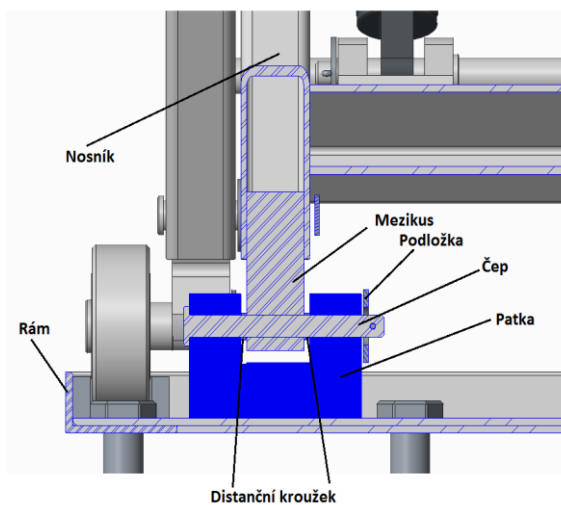


Obrázek 27: Čelní pohled na rám a pojezd



Obrázek 28: Pohled na uložení nosníků v rámu

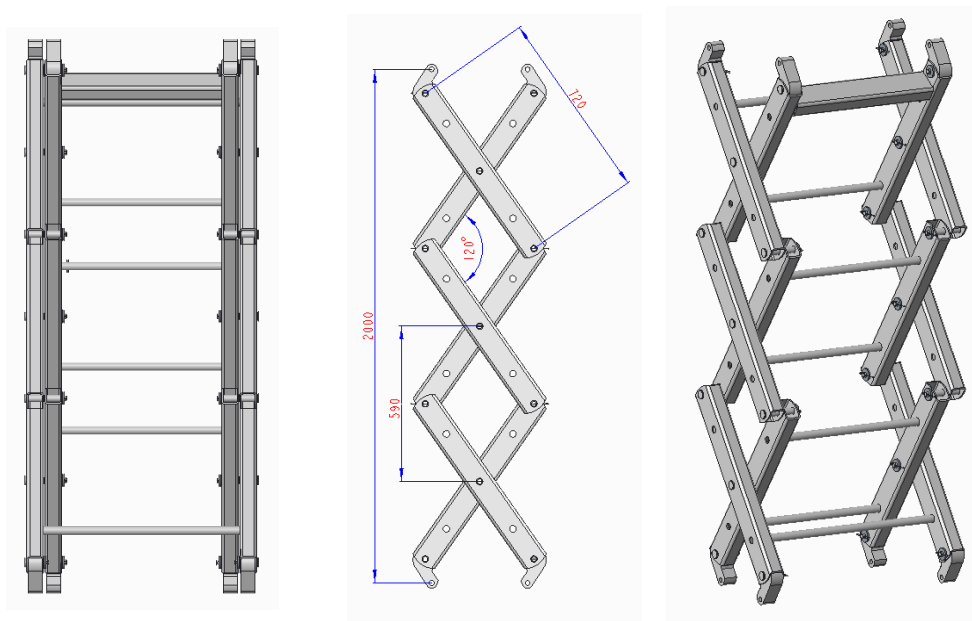
Obrázek č. 29 zachycuje řez v místě patky. Patka je přivařena k rámu. Mezikus je v patce zajištěn pomocí čepu a vystředěn distančními kroužky.



Obrázek 29: Řez v místě patky

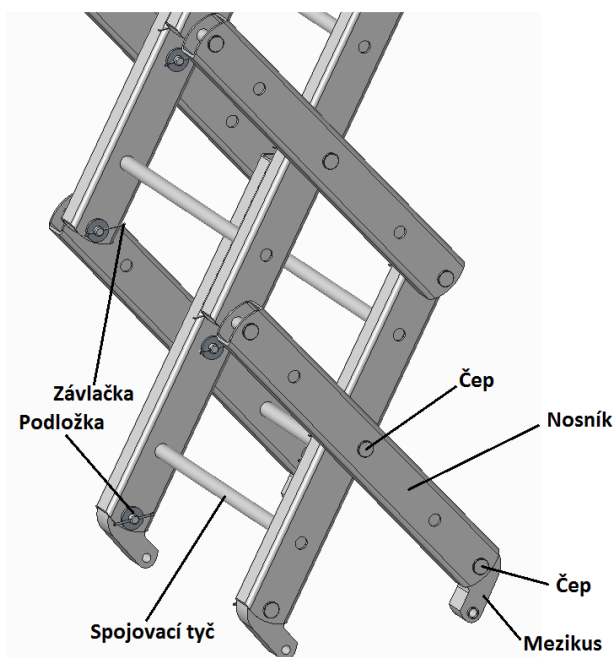
7.2.2 Nůžky

Tří nůžkový mechanismus se skládá z nosníků a mezikusů. Nosníky jsou spojeny pomocí čepů. Délka jednoho nosníku je 770 mm. Maximální výška zdvihu je 1,5 m.



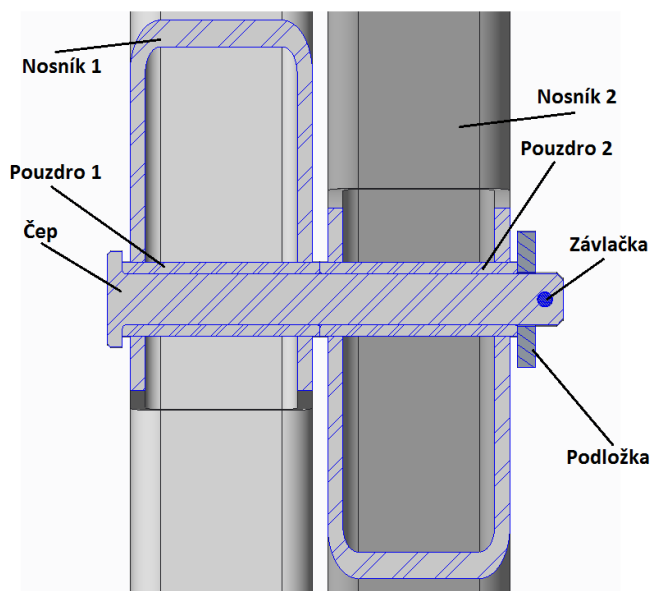
Obrázek 30: Nůžkový mechanismus

Spojovací tyč pomáhá udržovat stabilitu zdviže.



Obrázek 31: Nůžkový mechanismus_1

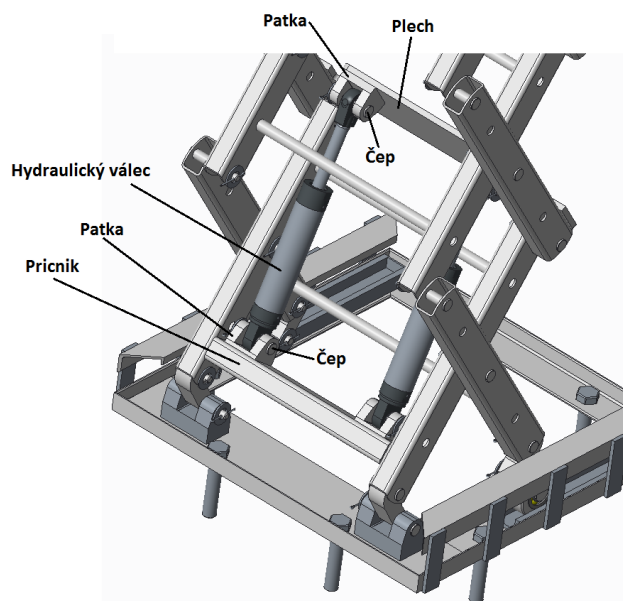
Na každý nosník je přivařeno pouzdro pro čepy z důvodu otlacení čepu.



Obrázek 32: Řez v rovině čepu

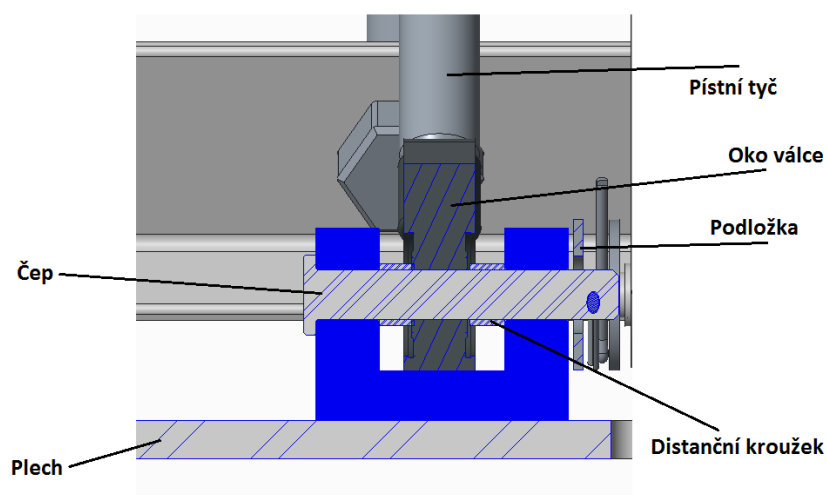
7.2.3 Uchycení hydraulického válce

Hydraulický válec[13] je uchycen v patkách, pomocí čepů a je vystředěn pomocí distančních kroužků. Patky jsou navařeny na příčniku a plechu.



Obrázek 33: Pohled na uchycení válce

Obrázek 34 zachycuje řez v rovině patky. Zobrazuje uložení a vystředění hydraulického válce. Stejné uložení je použito při uchycení opačného konce válce.



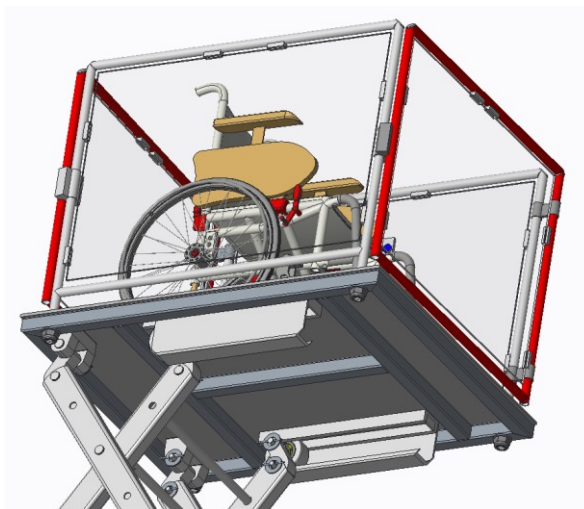
Obrázek 34: Řez v rovině patky

7.2.4 Horní plošina

Horní plošina je tvořena svařovanými, uzavřenými, hliníkovými, čtvercovými profily o rozměru 50x50. Viz technická dokumentace, sestavný výkres horní plošiny. Hmotnost celé horní sestavy je 100 kg.

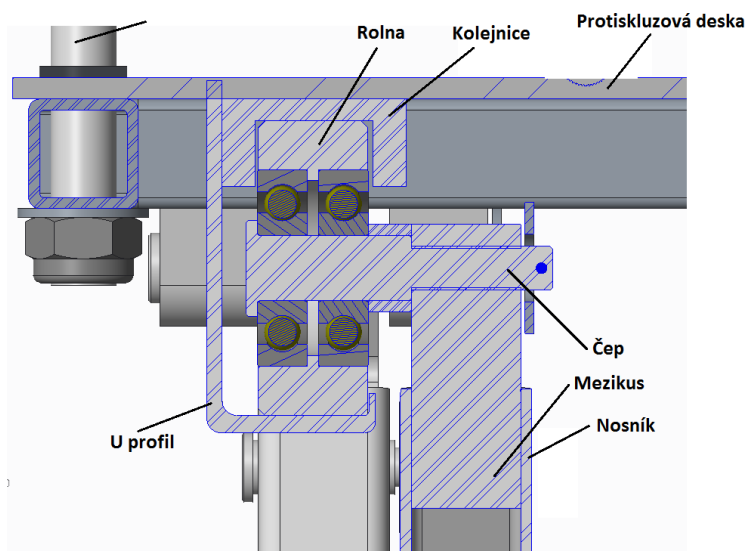
Na svařovanou konstrukci se položí a připevní protiskluzový hliníkový plech. Poté se na plech připevní bezpečnostní zábradlí s bezpečnostními zámky. Uchycení horní plošiny k nůžkovému mechanismu je řešeno obdobně jako u dolního rámu.

Jedna strana nůžek je připevněna pomocí patky k horní plošině, zajištěná čepem. Na druhé straně nůžek je připevněna rolka, která je vedena v kolejnici. Ke kolejnici je přivařen plech tvaru U, z důvodu zabezpečení horní plošiny proti překlopení.



Obrázek 35: Horní plošina

Následující obrázek zachycuje řez horní plošiny v místě roviny rolky. Kolejnice je přivařena k protiskluzové desce. U profil je přivařen ke kolejnici.



Obrázek 36: Horní plošina řez

7.3 Doplnující informace

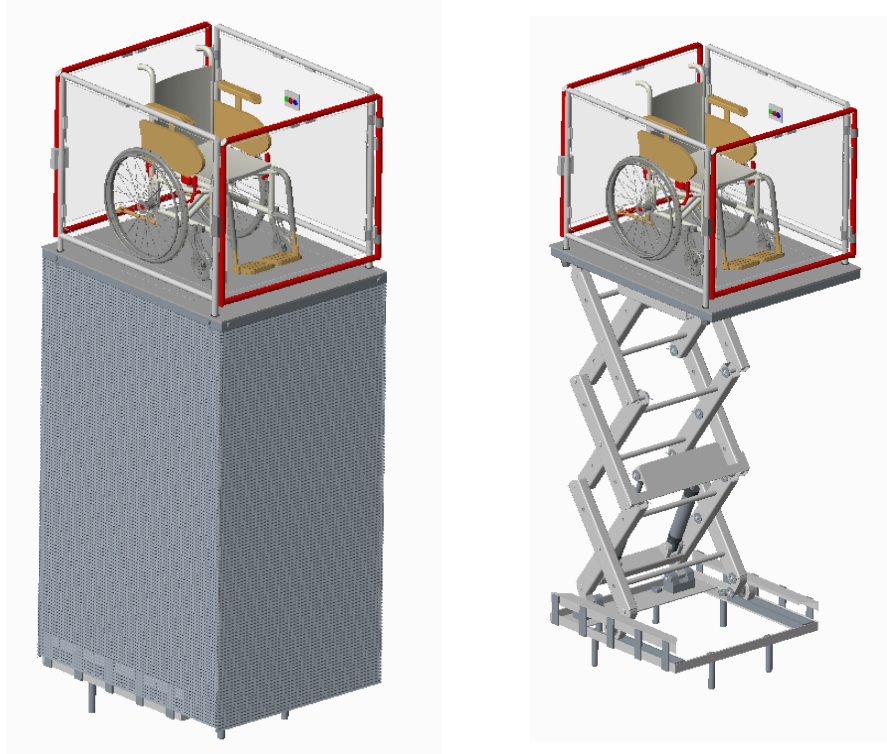
Navržená zdviž je schopná zvedat břemeno z jedné polohy, do druhé maximálně však o 1,5 metrů. V každé z těchto poloh budou umístěny senzory dotyku, které budou signalizovat dosažení požadované polohy (horní, dolní).

Imobilní osoba bude schopna přivolat zdviž z horní polohy do dolní polohy pomocí ovládacího panelu, umístěného v blízkosti zdviže v dolní poloze. Toto bude možné učinit i obráceně, z dolní polohy, do polohy horní.

Plošina bude obsahovat panel, pomocí kterého dá imobilní osoba povel řídicí elektronice k pohybu směrem nahoru, dolů, nebo k okamžitému zastavení v libovolné poloze. Panel bude také obsahovat telefon, v případě potřeby a nouze.

Bezpečnostní zábradlí, které je připevněno na horní plošině bude zahrnovat bezpečnostní zámky, které půjdou otevřít pouze v případě, že zdviž je v horní, nebo dolní poloze a senzory jsou sepnuty.

Krytování je řešeno pomocí měchu (harmoniky).



Obrázek 37: Celková sestava zdviže

Hydraulický obvod obsahuje pojistné ventily, které slouží jako bezpečnostní prvky a nedojde k samovolnému pádu plošiny z horní polohy.

Zdviž je nutno podrobit roční údržbě, kterou provede osoba tomu určená.

8 Základní výpočet pro konstrukci zdviže

V následujících kapitolách je detailně navržena nůžková zdviž. Jsou vypracovány základní výpočty, na jejichž základě pak navrhnuté jednotlivé komponenty zdviže.

8.1 Základní parametry

Pro následující řešení jsou zvoleny následující parametry.

- Horní plošina je nepohyblivá, hmotnost horní plošiny 100kg.
- Pohon plošiny pomocí hydraulického válce
- Tři nůžkový mechanismus.

Pro návrh plošiny jsou zvoleny vstupní parametry:

Vlastnost	Hodnota	Jednotka
Rozměry nosné plošiny	1000 x 1250	mm
Výška zdvihu	1,5	m
Dopravní rychlost	Max. 0.15	m/s
Nosnost	350	kg

Tabulka 15: Základní parametry

Do nosnosti je započítána hmotnost člověka 120 kg, hmotnost vozíku 100 kg a hmotnost horní nástupní plošiny 100 kg.

8.2 Statický výpočet

Pro výpočet sil působících na mechanismus je soustava uložena nepohyblivě, staticky určitě. Jedná se o prostorový mechanismus, ve kterém jsou členy uspořádány v rovnoběžných rovinách, proto budeme soustavu řešit jako rovinou. Následující výpočty vychází z obrázku 20 níže.

Pohyblivost soustavy těles se spočítá na pravé části mechanismu. Stupně volnosti soustavy určíme pomocí vztahu:

$$i = (n - 1) \cdot i_v - (\sum \epsilon_1 - \mu) \quad (3)$$

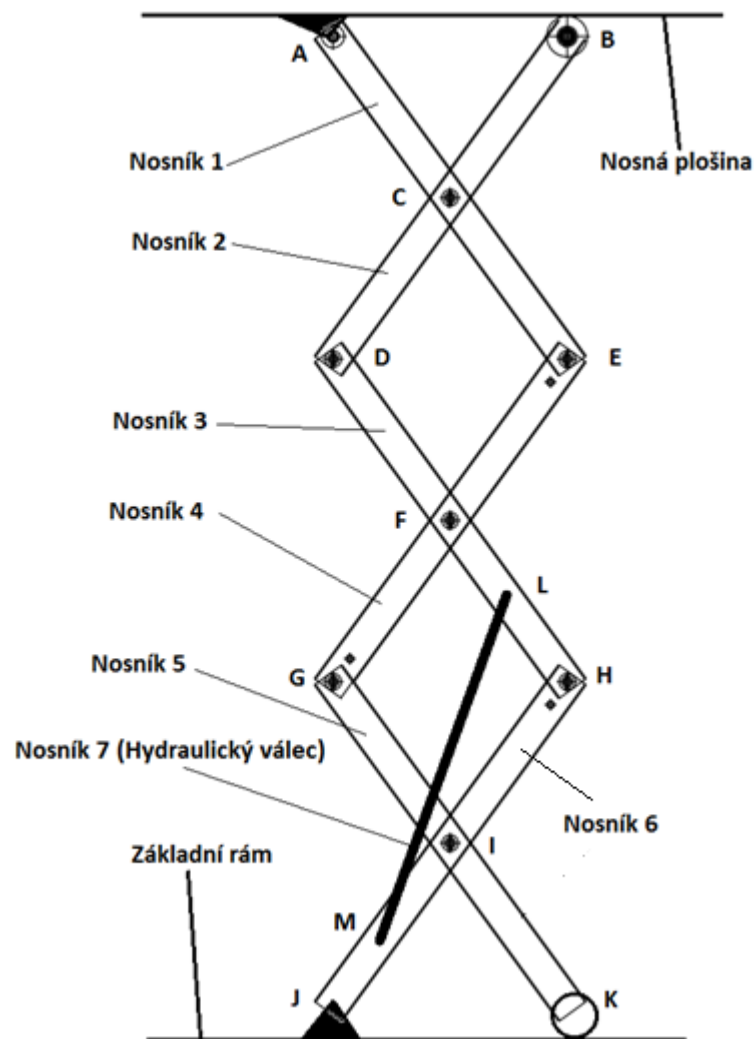
Kde n je počet těles včetně rámu, i_v je počet stupňů volnosti, ϵ_1 počet odebraných stupňů volnosti a μ je počet předpokládaných deformačních parametrů.

$$i = (9 - 1) \cdot 3 - (24 - 0)$$

$$i = 0$$

Soustava má 0 stupňů volnosti, avšak těleso označené jako nosník 7 (hydraulický válec) na obrázku 20 představuje hydraulický válec. To znamená, že při zatahování a vytahování pístní tyče se bude soustava pohybovat.

Schéma sloužící k výpočtu pohyblivosti mechanismu.



Obrázek 37: Schéma zdviže

8.2.1 Výpočet zatížení mechanismu

Úloha je řešena jako rovinná. Tíhová síla nosné plošiny F_{gp} je přenášena oběma páry nůžkového mechanismu stejnou měrou. Díky tomuto předpokladu se počítá s polovinou celkové tíhové síly nosné plošiny F_{gp} . Hmotnost plošiny vyplývá z požadavkového listu.

$$F_g = \frac{F_{gp}}{2} = \frac{m_p \cdot g}{2} \quad (3)$$

Kde F_g je polovina tíhové síly nosné plošiny, F_{gp} je tíhová síla nosné plošiny, m_p je hmotnost nosné plošiny a g je tíhové zrychlení.

$$F_g = \frac{F_{gp}}{2} = \frac{m_p \cdot g}{2} = \frac{100 \cdot 9,81}{2}$$

$$F_g = 490,5N$$

Síla od břemene vyplývá z požadavkového listu, kdy je potřeba dodržet nosnost pro 350 kg.

$$F = m \cdot g \quad (5)$$

Kde F je síla od břemene, m je hmotnost břemene a g je tíhové zrychlení.

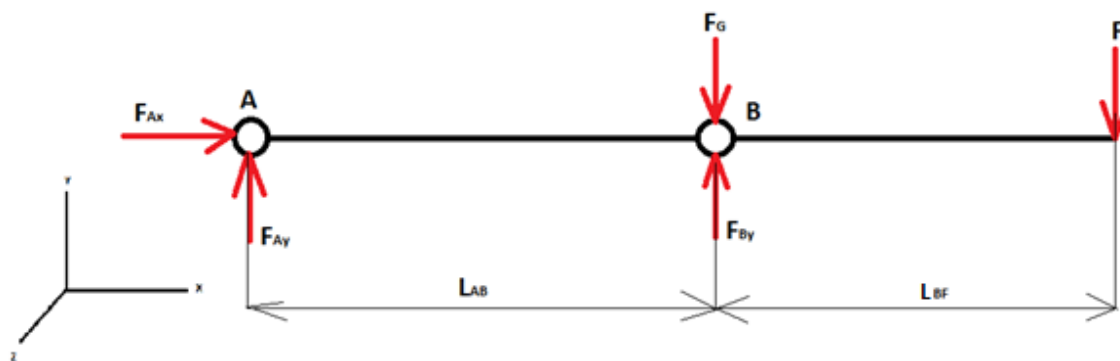
$$F = 250 \cdot 9,81$$

$$F = 2452,95 \text{ N}$$

8.2.2 Způsob zatížení mechanismu

Rozložení sil na nosné plošině. Ve směru osy x nepůsobí žádné zatížení, síla F_{Ax} je nulová. Proto rovnice statické rovnováhy ve směru x nebudou zapisovány.

Pro zjednodušení, je použita logická úvaha, na jejíž základě je zřejmé že kritické zatížení nastane tedy, kdy bude imobilní osoba na okraji plošiny viz. Následující obrázek.



Obrázek 17: Kritický způsob zatížení

Vzdálenost $L_{AB} = 700 \text{ mm}$

Vzdálenost $L_{BF} = 550 \text{ mm}$

Rovnice rovnováhy:

$$\sum F_y = 0: F_{Ay} - F_G + F_{By} - F = 0 \quad (6)$$

$$\sum M_{ZA} = 0: -F \cdot (L_{AB} + L_{BF}) - F_G \cdot L_{AB} + F_{By} \cdot L_{AB} = 0 \quad (7)$$

Po dosazení se z rovnice (7.2.2-2) se určí F_{By} :

$$-2452,95 \cdot (700 + 550) - 490,5 \cdot 700 + F_{By} \cdot 700 = 0$$

$$\frac{3\,310\,200 + 343\,350}{700} = F_{By}$$

$$F_{By} = 5220 \text{ N}$$

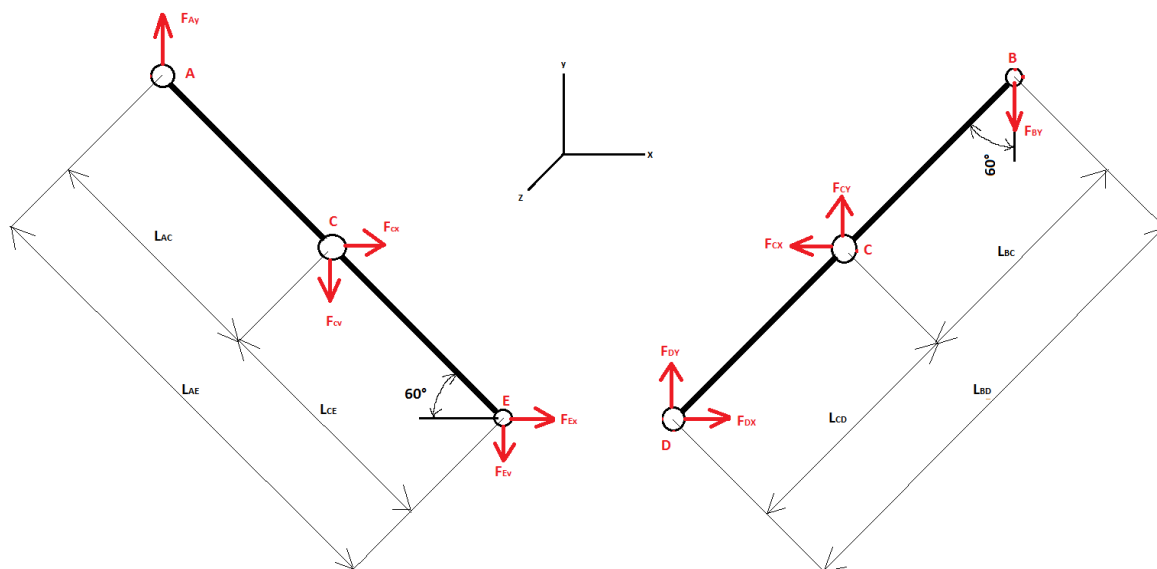
Po dosazení se z rovnice (6) se určí F_{AY} :

$$F_{AY} = F_C - F_{BY} + F$$

$$F_{AY} = 490,5 - 5220 + 2452,95$$

$$F_{AY} = -2\,276,55\text{ N}$$

8.2.3 Uvolnění těles soustavy Nosník 1 a Nosník 2



Obrázek 18: Uvolnění nosníku 1 a 2

$$L_{AE} = L_{BD} = l = 770\text{ mm}$$

$$L_{AC} = L_{CE} = L_{CD} = L_{BC} = \frac{l}{2} = 385\text{ mm}$$

Rovnice statické rovnováhy nosníku 1:

$$\sum F_x = 0: F_{CX} + F_{EX} = 0 \quad (8)$$

$$\sum F_y = 0: F_{AY} - F_{CY} - F_{EY} = 0 \quad (9)$$

$$\sum M_{ZE} = 0: F_{CY} \cdot L_{CE} \cdot \cos 60^\circ - F_{CX} \cdot L_{CE} \cdot \sin 60^\circ - F_{AY} \cdot L_{AE} \cdot \cos 60^\circ = 0 \quad (10)$$

Rovnice statické rovnováhy nosníku 2:

$$\sum F_x = 0: -F_{CX} + F_{DX} = 0 \quad (11)$$

$$\sum F_y = 0: -F_{BY} + F_{CY} + F_{DY} = 0 \quad (12)$$

$$\sum M_{ZD} = 0: F_{CX} \cdot L_{CD} \cdot \sin 60^\circ + F_{CY} \cdot L_{CD} \cdot \cos 60^\circ - F_{BY} \cdot L_{AD} \cdot \cos 60^\circ = 0 \quad (13)$$

$$NP = (F_{Cx}, F_{Ex}, F_{Cy}, F_{Ey}, F_{Dy}, F_{Dx})$$

Tudíž máme 6 rovnic a 6 neznámých, soustava je řešitelná.

Z momentových rovnic (10) a (13) vyjádříme F_{Cy} :

$$F_{Cy} \cdot L_{CE} \cdot \cos 60^\circ - F_{Cx} \cdot L_{CE} \cdot \sin 60^\circ - F_{Ay} \cdot L_{AE} \cdot \cos 60^\circ = 0$$

$$F_{Cx} \cdot L_{CD} \cdot \sin 60^\circ + F_{Cy} \cdot L_{CD} \cdot \cos 60^\circ - F_{By} \cdot L_{AD} \cdot \cos 60^\circ = 0$$

Do rovnic se dosadí za délky a následně se rovnice sečtou:

$$F_{Cy} \cdot \frac{l}{2} \cdot \cos 60^\circ - F_{Cx} \cdot \frac{l}{2} \cdot \sin 60^\circ - F_{Ay} \cdot l \cdot \cos 60^\circ = 0$$

$$F_{Cx} \cdot \frac{l}{2} \cdot \sin 60^\circ + F_{Cy} \cdot \frac{l}{2} \cdot \cos 60^\circ - F_{By} \cdot l \cdot \cos 60^\circ = 0$$

Po sečtení:

$$F_{Cy} \cdot l \cdot \cos 60^\circ - F_{By} \cdot l \cdot \cos 60^\circ - F_{Ay} \cdot l \cdot \cos 60^\circ$$

$$F_{Cy} = F_{Ay} + F_{By}$$

$$F_{Cy} = 2276,55 + 5520$$

$$\mathbf{F_{Cy} = 7\,796,55\,N}$$

Z rovnice (10) se určí síla F_{Cx} :

$$F_{Cy} \cdot L_{CE} \cdot \cos 60^\circ - F_{Cx} \cdot L_{CE} \cdot \sin 60^\circ - F_{Ay} \cdot L_{AE} \cdot \cos 60^\circ = 0$$

$$F_{Cx} = \frac{F_{Cy} \cdot L_{CE} \cdot \cos 60^\circ - F_{Ay} \cdot L_{AE} \cdot \cos 60^\circ}{L_{CE} \cdot \sin 60^\circ} = \frac{F_{Cy} \cdot \frac{l}{2} \cdot \cos 60^\circ - F_{Ay} \cdot l \cdot \cos 60^\circ}{\frac{l}{2} \cdot \sin 60^\circ}$$

$$F_{Cx} = \frac{\frac{F_{Cy}}{2} \cdot \cos 60^\circ - F_{Ay} \cdot \cos 60^\circ}{\frac{1}{2} \cdot \sin 60^\circ}$$

$$F_{Cx} = \frac{\frac{7\,796,55}{2} \cdot \cos 60^\circ - 2276,55 \cdot \cos 60^\circ}{\frac{1}{2} \cdot \sin 60^\circ}$$

$$\mathbf{F_{Cx} = 1\,872,644\,N}$$

Z rovnice (8) se určí síla F_{Ex} :

$$F_{Cx} + F_{Ex} = 0$$

$$F_{Ex} = -F_{Cx}$$

$$\mathbf{F_{Ex} = -1\,872,644\,N}$$

Z rovnice (9) se určí síla F_{Ey} :

$$F_{Ay} - F_{Cy} - F_{Ey} = 0$$

$$F_{Ey} = -F_{Cy} + F_{Ay}$$

$$F_{Ey} = -7\,796,55 + 2\,276,55$$

$$\mathbf{F_{Ey} = -5\,520\,N}$$

Z rovnice (11) se určí síla F_{Dx} :

$$-F_{Cx} + F_{Dx} = 0$$

$$F_{Dx} = F_{Cx}$$

$$\mathbf{F_{Dx} = 1872,644\,N}$$

Z rovnice (12) se určí síla F_{Dy} :

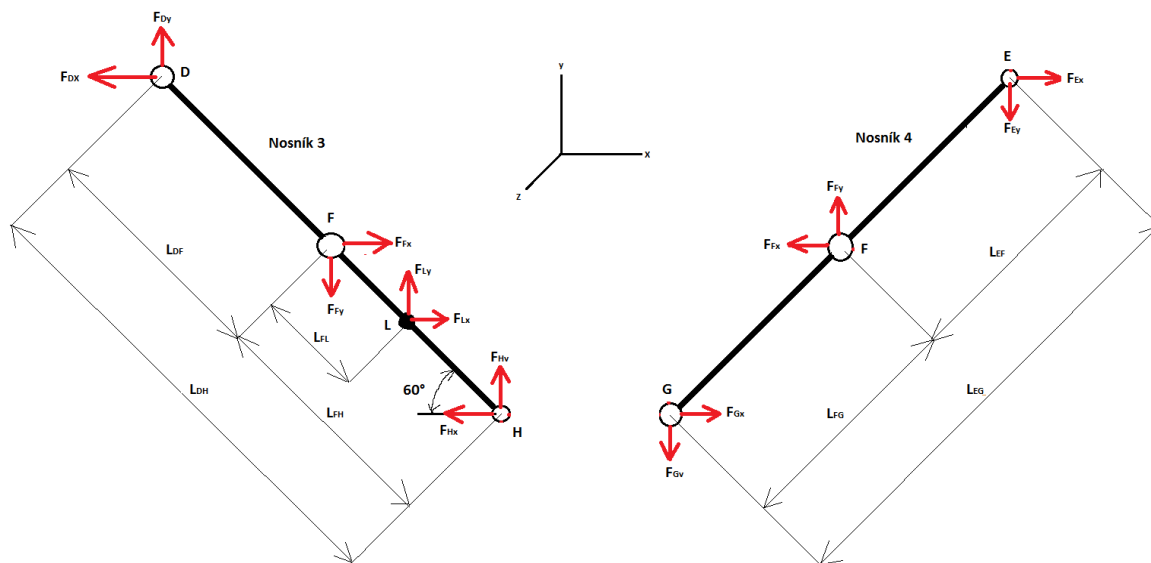
$$-F_{By} + F_{Cy} + F_{Dy} = 0$$

$$F_{Dy} = F_{By} - F_{Cy}$$

$$F_{Dy} = 5220 - 7796,55$$

$$\mathbf{F_{Dy} = -2576,55\,N}$$

8.2.4 Uvolnění těles soustavy Nosník 3, Nosník 4, Nosník 5, Nosník 6, Nosník 7



Obrázek 19: Uvolnění nosníku 1 a 2

$$L_{DH} = L_{EG} = l = 770 \text{ mm}$$

$$L_{DF} = L_{FH} = L_{EF} = L_{FG} = \frac{l}{2} = 385 \text{ mm}$$

$$L_{FL} = \frac{l}{4} = 192,5 \text{ mm}$$

Rovnice statické rovnováhy nosníku 3:

$$\sum F_x = 0: -F_{Dx} + F_{Fx} + F_{Lx} - F_{Hx} = 0 \quad (14)$$

$$\sum F_y = 0: F_{Dy} - F_{Fy} + F_{Ly} + F_{Hy} = 0 \quad (15)$$

$$\sum M_{ZF} = 0: F_{Dx} \cdot L_{DF} \cdot \sin 60^\circ - F_{Dy} \cdot L_{DF} \cdot \cos 60^\circ + F_{Lx} \cdot L_{FL} \cdot \sin 60^\circ + F_{Ly} \cdot L_{FL} \cdot \cos 60^\circ - F_{Hx} \cdot L_{FH} \cdot \sin 60^\circ + F_{Hy} \cdot L_{FH} \cdot \cos 60^\circ = 0 \quad (16)$$

Upravíme momentovou rovnici :

$$F_{Dx} \cdot \frac{l}{2} \cdot \sin 60^\circ - F_{Dy} \cdot \frac{l}{2} \cdot \cos 60^\circ + F_{Lx} \cdot \frac{l}{4} \cdot \sin 60^\circ + F_{Ly} \cdot \frac{l}{4} \cdot \cos 60^\circ - F_{Hx} \cdot \frac{l}{2} \cdot \sin 60^\circ + F_{Hy} \cdot \frac{l}{2} \cdot \cos 60^\circ = 0$$

$$F_{Dx} \cdot \sin 60^\circ - F_{Dy} \cdot \cos 60^\circ + F_{Lx} \cdot \frac{1}{2} \cdot \sin 60^\circ + F_{Ly} \cdot \frac{1}{2} \cdot \cos 60^\circ - F_{Hx} \cdot \sin 60^\circ + F_{Hy} \cdot \cos 60^\circ = 0$$

Rovnice statické rovnováhy nosníku 4:

$$\sum F_x = 0: F_{Ex} - F_{Fx} + F_{Gx} = 0 \quad (17)$$

$$\sum F_y = 0: -F_{Ey} + F_{Fy} - F_{Gy} = 0 \quad (18)$$

$$\sum M_{ZF} = 0: -F_{Ex} \cdot L_{EF} \cdot \sin 60^\circ - F_{Ey} \cdot L_{EF} \cdot \cos 60^\circ + F_{Gx} \cdot L_{FG} \cdot \sin 60^\circ + F_{Gy} \cdot L_{FG} \cdot \cos 60^\circ = 0 \quad (19)$$

Upravíme momentovou rovnici:

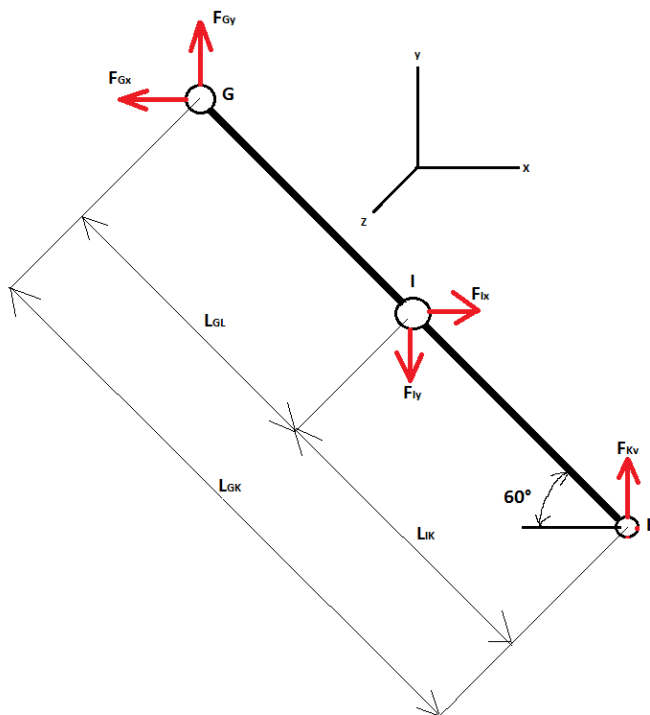
$$-F_{Ex} \cdot \frac{l}{2} \cdot \sin 60^\circ - F_{Ey} \cdot \frac{l}{2} \cdot \cos 60^\circ + F_{Gx} \cdot \frac{l}{2} \cdot \sin 60^\circ + F_{Gy} \cdot \frac{l}{2} \cdot \cos 60^\circ = 0$$

$$-F_{Ex} \cdot \sin 60^\circ - F_{Ey} \cdot \cos 60^\circ + F_{Gx} \cdot \sin 60^\circ + F_{Gy} \cdot \cos 60^\circ = 0$$

$$NP = (F_{Fx}, F_{Gx}, F_{Fy}, F_{Gy}, F_{Lx}, F_{Hx}, F_{Ly}, F_{Hy})$$

Tudíž máme 6 rovnic a 8 neznámých, je potřeba připojit nosník 5, 6 a 7.

Uvolnění nosníku 5:



Obrázek 20: Uvolnění nosníku 5

$$L_{GK} = l = 770 \text{ mm}$$

$$L_{GL} = L_{IK} = \frac{l}{2} = 385 \text{ mm}$$

Rovnice statické rovnováhy nosníku 5:

$$\sum F_x = 0: -F_{Gx} + F_{Ix} = 0 \quad (20)$$

$$\sum F_y = 0: F_{Gy} - F_{Iy} + F_{Ky} = 0 \quad (21)$$

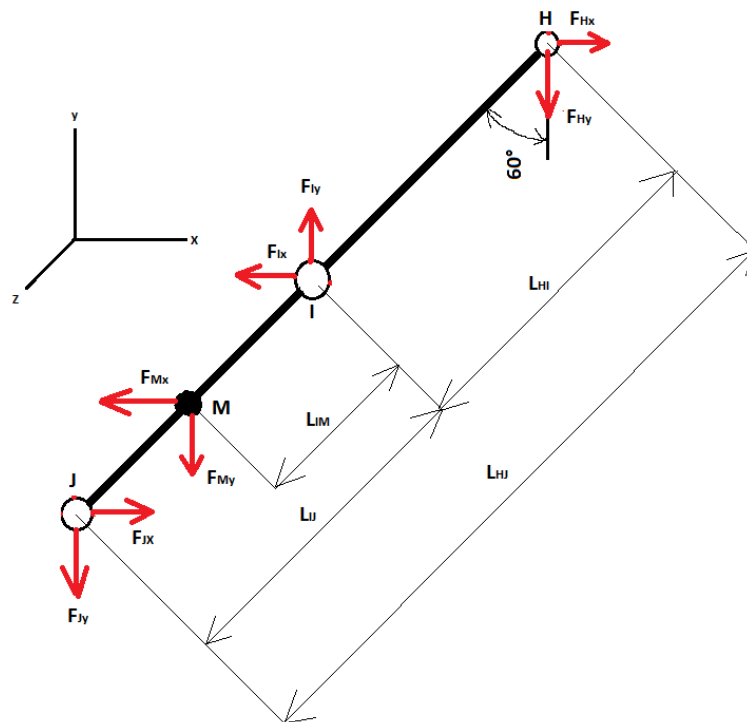
$$\sum M_{ZI} = 0: F_{Gx} \cdot L_{GL} \cdot \sin 60^\circ - F_{Gy} \cdot L_{GL} \cdot \cos 60^\circ + F_{Ky} \cdot L_{IK} \cdot \cos 60^\circ = 0 \quad (22)$$

Upravíme momentovou rovnici:

$$F_{Gx} \cdot \frac{l}{2} \cdot \sin 60^\circ - F_{Gy} \cdot \frac{l}{2} \cdot \cos 60^\circ + F_{Ky} \cdot \frac{l}{2} \cdot \cos 60^\circ = 0$$

$$F_{Gx} \cdot \sin 60^\circ - F_{Gy} \cdot \cos 60^\circ + F_{Ky} \cdot \cos 60^\circ = 0$$

Uvolnění nosníku 6:



Obrázek 21: Uvolnění nosníku 6

$$L_{HJ} = l = 770 \text{ mm}$$

$$L_{HI} = L_{IJ} = \frac{l}{2} = 385 \text{ mm}$$

$$L_{IM} = \frac{l}{4} = 192,5 \text{ mm}$$

Rovnice statické rovnováhy nosníku 6:

$$\sum F_x = 0: F_{Hx} - F_{Ix} - F_{Mx} + F_{Jx} = 0 \quad (23)$$

$$\sum F_y = 0: -F_{Hy} + F_{Iy} - F_{My} - F_{Jy} = 0 \quad (24)$$

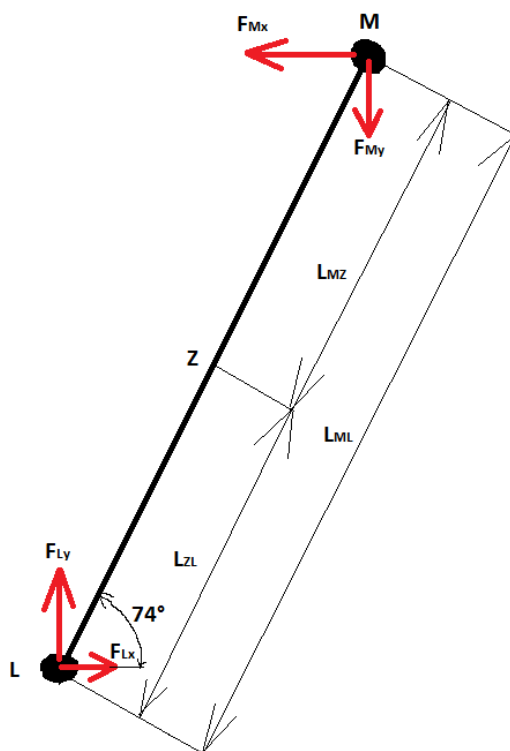
$$\sum M_{ZI} = 0: -F_{Hx} \cdot L_{HI} \cdot \sin 60^\circ - F_{Hy} \cdot L_{HI} \cdot \cos 60^\circ - F_{Mx} \cdot L_{IM} \cdot \sin 60^\circ + F_{My} \cdot L_{IM} \cdot \cos 60^\circ + F_{Ix} \cdot L_{IJ} \cdot \sin 60^\circ + F_{Jy} \cdot L_{IJ} \cdot \cos 60^\circ = 0 \quad (25)$$

Upravíme momentovou rovnici:

$$-F_{Hx} \cdot \frac{l}{2} \cdot \sin 60^\circ - F_{Hy} \cdot \frac{l}{2} \cdot \cos 60^\circ - F_{Mx} \cdot \frac{l}{4} \cdot \sin 60^\circ + F_{My} \cdot \frac{l}{4} \cdot \cos 60^\circ + F_{Ix} \cdot \frac{l}{2} \cdot \sin 60^\circ + F_{Jy} \cdot \frac{l}{2} \cdot \cos 60^\circ = 0$$

$$-F_{Hx} \cdot \sin 60^\circ - F_{Hy} \cdot \cos 60^\circ - F_{Mx} \cdot \frac{1}{2} \cdot \sin 60^\circ + F_{My} \cdot \frac{1}{2} \cdot \cos 60^\circ + F_{Ix} \cdot \sin 60^\circ + F_{Jy} \cdot \cos 60^\circ = 0$$

Uvolnění nosníku 7 (hydraulický válec):



Obrázek 22: Uvolnění nosníku 7

$$L_{ML} = l = 700 \text{ mm}$$

$$L_{MZ} = L_{ZL} = \frac{l}{2} = 350 \text{ mm}$$

Rovnice statické rovnováhy nosníku 7:

$$\sum F_x = 0: -F_{Mx} + F_{Lx} = 0 \quad (26)$$

$$\sum F_y = 0: -F_{My} + F_{Ly} = 0 \quad (27)$$

$$\sum M_{ZZ} = 0: F_{Mx} \cdot L_{MZ} \cdot \sin 74^\circ - F_{My} \cdot L_{MZ} \cdot \cos 74^\circ + F_{Lx} \cdot L_{ZL} \cdot \sin 74^\circ - F_{Ly} \cdot L_{ZL} \cdot \cos 74^\circ = 0 \quad (28)$$

Upravíme momentovou rovnici:

$$F_{Mx} \cdot \frac{l}{2} \cdot \sin 74^\circ - F_{My} \cdot \frac{l}{2} \cdot \cos 74^\circ + F_{Lx} \cdot \frac{l}{2} \cdot \sin 74^\circ - F_{Ly} \cdot \frac{l}{2} \cdot \cos 74^\circ = 0$$

$$F_{Mx} \cdot \sin 74^\circ - F_{My} \cdot \cos 74^\circ + F_{Lx} \cdot \sin 74^\circ - F_{Ly} \cdot \cos 74^\circ = 0$$

Celkový počet neznámých pro nosníky 3 až 7:

$$NP = (F_{Gx}, F_{Ix}, F_{Gy}, F_{Iy}, F_{Kx}, F_{Hx}, F_{Mx}, F_{Jx}, F_{Hy}, F_{Jy}, F_{Lx}, F_{Ly}, F_{My}, F_{Fx}, F_{Fy})$$

Tudíž máme 15 rovnic a 15 neznámých, soustava je řešitelná.

8.2.5 Výpočet neznámých sil

K výpočtu neznámých sil je použit program Mathcad. Matice **M** charakterizuje čtvercovou maticí 19x19. Matice **X** představuje matici obsahující označení jednotlivých sil. A matice **B** představuje pravou stranu rovnic. Výpočet v Mathcedu je přiložen v příloze.

$$\begin{aligned} x &:= \sin(60^\circ) \\ y &:= \cos(60^\circ) \\ z &:= \sin(74^\circ) \\ w &:= \cos(74^\circ) \end{aligned} \quad M := \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ x & -y & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -x & y & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.5 \cdot x & 0.5 \cdot y & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -x & -y & 0 & 0 & x & y & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & x & -y & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & y & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -x & -y & x & 0 & 0 & y & 0 & 0 & -0.5 \cdot x \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & z & -w & z \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Obrázek 23: Matice M

$$B := \begin{pmatrix} 1872.644 \\ 2576.55 \\ 1872.644 \\ 5520 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Obrázek 24: Matice B

$$x := \begin{pmatrix} F_{Dx} & F_{Dy} & F_{Ex} & F_{Ey} & F_{Fx} & F_{Fy} & F_{Gx} & F_{Gy} & F_{Hx} & F_{Hy} & F_{Ix} & F_{Iy} & F_{Jx} & F_{Jy} & F_{Kx} & F_{Ky} & F_{Lx} & F_{Ly} & F_{Mx} & F_{My} \end{pmatrix}$$

Obrázek 25: Matice X

Následující obrázek 30 obsahuje již vypočítané neznáme složky sil.

	0
0	$1.873 \cdot 10^3$
1	$2.577 \cdot 10^3$
2	$1.873 \cdot 10^3$
3	$5.52 \cdot 10^3$
4	$3.135 \cdot 10^3$
5	$1.21 \cdot 10^4$
6	$1.262 \cdot 10^3$
7	$6.577 \cdot 10^3$
8	$4.328 \cdot 10^3$
9	$-1.172 \cdot 10^3$
10	$1.262 \cdot 10^3$
11	$1.097 \cdot 10^4$
12	0
13	$1.448 \cdot 10^3$
14	$4.391 \cdot 10^3$
15	$3.066 \cdot 10^3$
16	$1.069 \cdot 10^4$
17	$3.066 \cdot 10^3$
18	$1.069 \cdot 10^4$
19	
20	

Obrázek 26: Vypočtené síly

V následující tabulce jsou zapsány vypočtené složky sil.

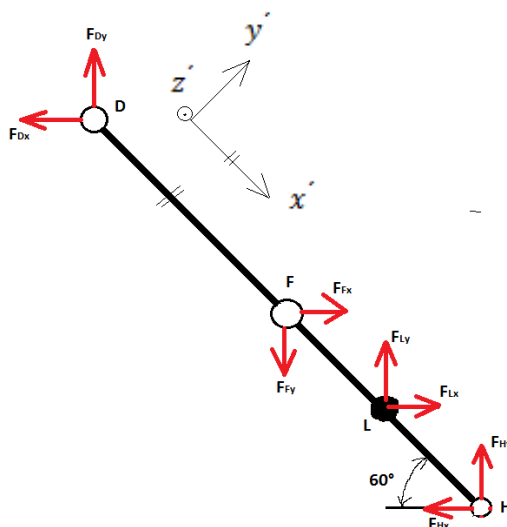
Složka síly	Velikost síly[N]	Složka síly	Velikost síly [N]	Složka síly	Velikost síly[N]
F_{Dx}	1 872,644	F_{Hx}	4 328,243	F_{Ly}	10 692,61
F_{Dy}	2 576,55	F_{Hy}	-1 171,818	F_{Mx}	3066,058
F_{Ex}	1 872,644	F_{Ix}	1 262,185	F_{My}	10 692,61
F_{Ey}	5 520	F_{Iy}	10 968,52	-	-
F_{Fx}	3 134,829	F_{Jx}	0	-	-
F_{Fy}	12 097,35	F_{Jy}	1 447,726	-	-
F_{Gx}	1 262,185	F_{Ky}	4 391,176	-	-
F_{Gy}	6 577,345	F_{Lx}	3 066,058	-	-

Tabulka 16: Složky sil

8.3 Síly a momenty působící v ose nosníků

Výsledné vnitřní účinky jsou spočítány na nosnících 3,4,5 a 6 z důvodu nejvyšších zátěžových sil.

8.3.1 Síly a momenty nosníku 3



Obrázek 27: Nosník 3, silový rozbor

$$F_{Dx'} = -F_{Dx} \cdot \cos 60^\circ - F_{Dy} \cdot \cos 30^\circ \quad (29)$$

Kde $F_{Dx'}$ je průmět síly F_{Dx} působící v bodě E do osy x' .

$$F_{Dx'} = -1872,644 \cdot \cos 60^\circ - 2576,55 \cdot \cos 30^\circ$$

$$F_{Dx'} = -3\,167,679\,N$$

$$F_{Dy}' = -F_{Dx} \cdot \sin 60^\circ + F_{Dy} \cdot \sin 30^\circ \quad (30)$$

Kde F_{Dy}' je průmět síly F_{Dy} působící v bodě D do osy y' .

$$F_{Dy}' = -1872,644 \cdot \sin 60^\circ + 2576,55 \cdot \sin 30^\circ$$

$$\mathbf{F_{Dy}' = -333,4822\ N}$$

$$F_{Fx}' = F_{Fx} \cdot \cos 60^\circ + F_{Fy} \cdot \cos 30^\circ \quad (31)$$

Kde F_{Fx}' je průmět síly F_{Fx} působící v bodě F do osy x' .

$$F_{Fx}' = 3134,829 \cdot \cos 60^\circ + 12097,351 \cdot \cos 30^\circ$$

$$\mathbf{F_{Fx}' = 12\ 044,0277\ N}$$

$$F_{Fy}' = F_{Fx} \cdot \sin 60^\circ - F_{Fy} \cdot \sin 30^\circ \quad (32)$$

Kde F_{Fy}' je průmět síly F_{Fy} působící v bodě F do osy y' .

$$F_{Fy}' = 3134,829 \cdot \sin 60^\circ - 12097,351 \cdot \sin 30^\circ$$

$$\mathbf{F_{Fy}' = -3\ 333,833\ N}$$

$$F_{Lx}' = F_{Lx} \cdot \cos 60^\circ - F_{Ly} \cdot \cos 30^\circ \quad (33)$$

Kde F_{Lx}' je průmět síly F_{Lx} působící v bodě L do osy x' .

$$F_{Lx}' = 3066,058 \cdot \cos 60^\circ - 10692,61 \cdot \cos 30^\circ$$

$$\mathbf{F_{Lx}' = -7726,781\ N}$$

$$F_{Ly}' = F_{Lx} \cdot \sin 60^\circ + F_{Ly} \cdot \sin 30^\circ \quad (34)$$

Kde F_{Ly}' je průmět síly F_{Ly} působící v bodě L do osy y' .

$$F_{Ly}' = 3066,058 \cdot \sin 60^\circ + 10692,61 \cdot \sin 30^\circ$$

$$\mathbf{F_{Ly}' = 8\ 001,612\ N}$$

$$F_{Hx}' = -F_{Hx} \cdot \cos 60^\circ - F_{Hy} \cdot \cos 30^\circ \quad (35)$$

Kde F_{Hx}' je průmět síly F_{Hx} působící v bodě H do osy x' .

$$F_{Hx}' = -4328,243 \cdot \cos 60^\circ - (-1171,818) \cdot \cos 30^\circ$$

$$\mathbf{F_{Hx}' = -1\ 149,297\ N}$$

$$F'_{Hy} = -F_{Hx} \cdot \sin 60^\circ + F_{Hy} \cdot \sin 30^\circ \quad (36)$$

Kde F'_{Hy} je průmět síly F_{Hy} působící v bodě H do osy y' .

$$F'_{Hy} = -4328,243 \cdot \sin 60^\circ + (-1171,818) \cdot \sin 30^\circ$$

$$F'_{Hy} = -4\,334,277 \text{ N}$$

$$M_{zF}' = |F_{Dy}'| \cdot L_{DF} \quad (37)$$

Kde M_{zF}' je ohybový moment v místě F k ose z' .

$$M_{zF}' = |-333,482| \cdot 0,385$$

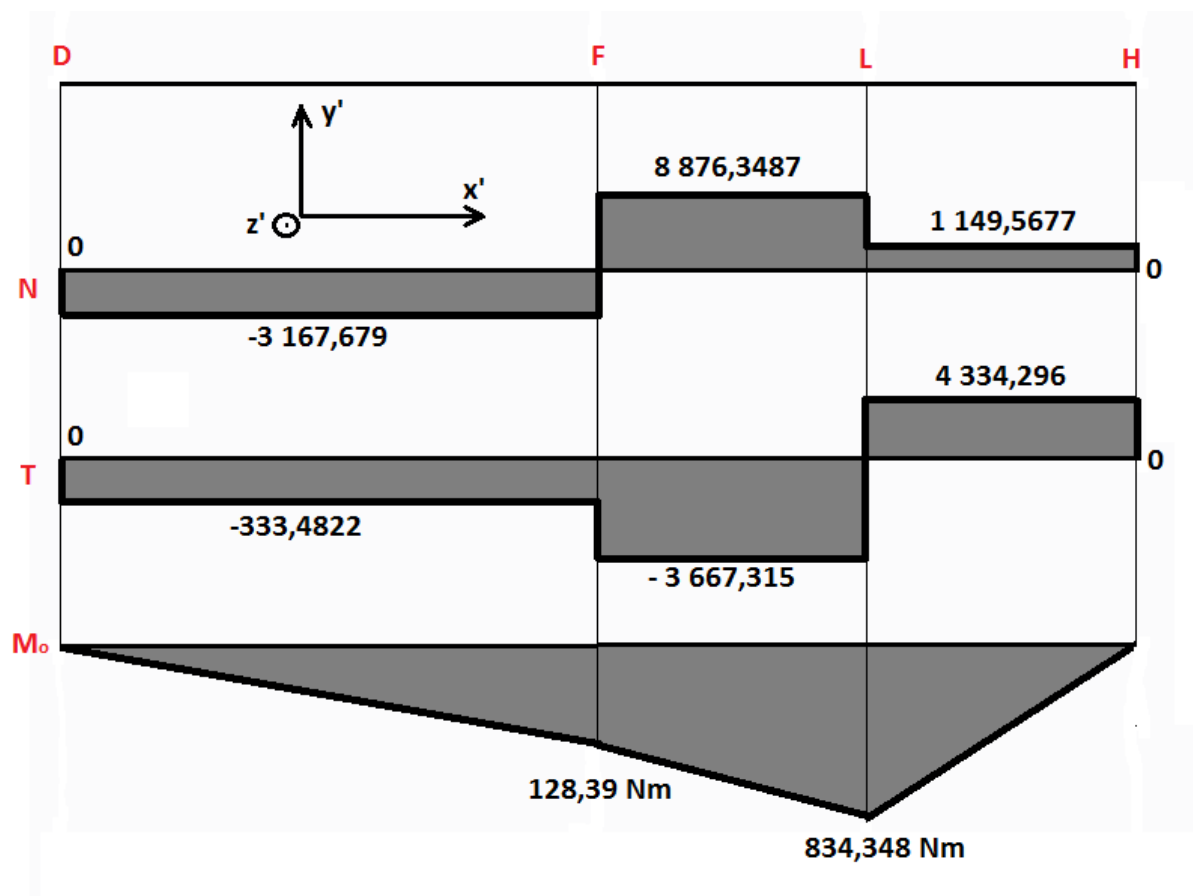
$$M_{zF}' = 128,39 \text{ Nm}$$

$$M_{zH}' = |F_{Hy}'| \cdot L_{HL} \quad (38)$$

Kde M_{zH}' je ohybový moment v místě L k ose z' .

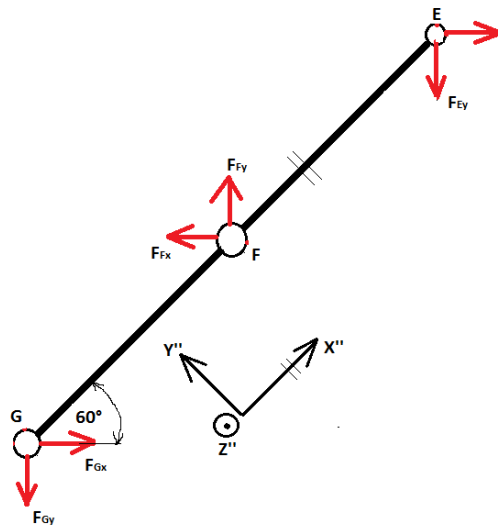
$$M_{zH}' = |-4334,277| \cdot 0,1925$$

$$M_{zH}' = 834,348 \text{ Nm}$$



Obrázek 28: Výsledné vnitřní účinky nosníku 3.

8.3.2 Síly a momenty nosníku 4



Obrázek 29: Nosník 4, silový rozbor

$$F_{Ex}'' = F_{Ex} \cdot \cos 60^\circ - F_{Ey} \cdot \cos 30^\circ \quad (39)$$

Kde F_{Ex}'' je průmět síly F_{Ex} působící v bodě E do osy x'' .

$$F_{Ex}'' = 1872,644 \cdot \cos 60^\circ - 5520 \cdot \cos 30^\circ$$

$$F_{Ex}'' = -3\,844,136 \text{ N}$$

$$F_{Ey}'' = -F_{Ex} \cdot \sin 60^\circ - F_{Ey} \cdot \sin 30^\circ \quad (40)$$

Kde F_{Ey}'' je průmět síly F_{Ey} působící v bodě E do osy y'' .

$$F_{Ey}'' = -1872,644 \cdot \sin 60^\circ - 5520 \cdot \sin 30^\circ$$

$$F_{Ey}'' = -4\,381,7572 \text{ N}$$

$$F_{Fx}'' = -F_{Fx} \cdot \cos 60^\circ + F_{Fy} \cdot \cos 30^\circ \quad (41)$$

Kde F_{Fx}'' je průmět síly F_{Fx} působící v bodě F do osy x'' .

$$F_{Fx}'' = -3134,829 \cdot \cos 60^\circ + 12097,35 \cdot \cos 30^\circ$$

$$F_{Fx}'' = 8\,909,198 \text{ N}$$

$$F_{Fy}'' = F_{Fx} \cdot \sin 60^\circ + F_{Fy} \cdot \sin 30^\circ \quad (42)$$

Kde F_{Fy}'' je průmět síly F_{Fy} působící v bodě F do osy y'' .

$$F_{Fy}'' = 3134,829 \cdot \sin 60^\circ + 12097,35 \cdot \sin 30^\circ$$

$$F_{Fy}'' = 8\,763,516 \text{ N}$$

$$F_{Gx}'' = F_{Gx} \cdot \cos 60^\circ - F_{Gy} \cdot \cos 30^\circ \quad (43)$$

Kde F_{Gx}'' je průmět síly F_{Gx} působící v bodě G do osy x'' .

$$F_{Gx}'' = 1262,185 \cdot \cos 60^\circ - 6577,345 \cdot \cos 30^\circ$$

$$F_{Gx}'' = -5\,065,055\,N$$

$$F_{Gy}'' = -F_{Gx} \cdot \sin 60^\circ - F_{Gy} \cdot \sin 30^\circ \quad (44)$$

Kde F_{Gy}'' je průmět síly F_{Gy} působící v bodě G do osy y'' .

$$F_{Gy}'' = -1262,185 \cdot \sin 60^\circ - 6577,345 \cdot \sin 30^\circ$$

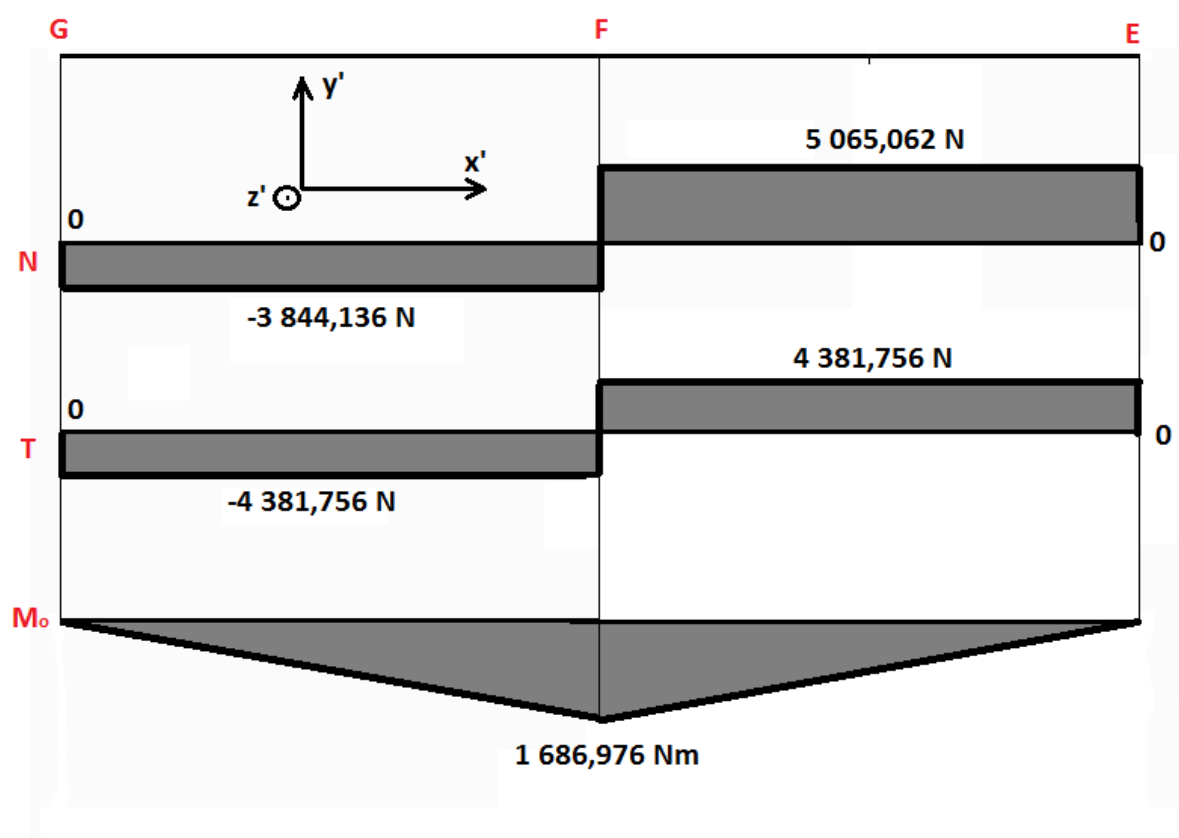
$$F_{Gy}'' = -4\,381,756\,N$$

$$M_{zG}'' = |F_{Gy}''| \cdot L_{FG} \quad (45)$$

Kde M_{zG}'' je ohybový moment v místě F k ose z'' .

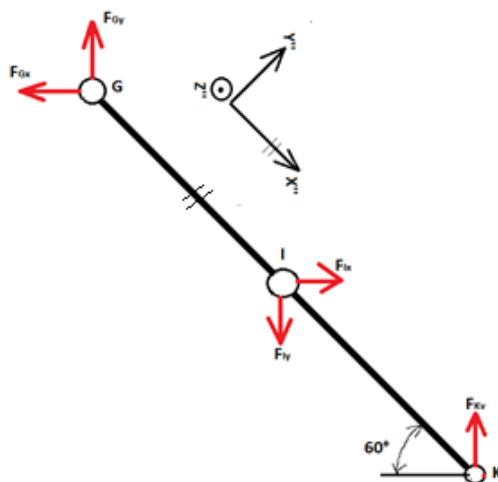
$$M_{zG}'' = |-4381,756| \cdot 0,385$$

$$M_{zG}'' = 1\,686,976\,Nm$$



Obrázek 30: Výsledné vnitřní účinky nosníku 4.

8.3.3 Síly a momenty nosníku 5



Obrázek 31: Nosník 5, silový rozbor

$$F_{Gx}' = -F_{Gx} \cdot \cos 60^\circ - F_{Gy} \cdot \cos 30^\circ \quad (46)$$

Kde F_{Gx}' je průmět síly F_{Gx} působící v bodě G do osy x' .

$$F_{Gx}' = -1262,185 \cdot \cos 60^\circ - 6577,345 \cdot \cos 30^\circ$$

$$F_{Gx}' = -6\,327,24\,N$$

$$F_{Gy}' = -F_{Gx} \cdot \sin 60^\circ + F_{Gy} \cdot \sin 30^\circ \quad (47)$$

Kde F_{Gy}' je průmět síly F_{Gy} působící v bodě G do osy y' .

$$F_{Gy}' = -1262,185 \cdot \sin 60^\circ + 6577,345 \cdot \sin 30^\circ$$

$$F_{Gy}' = 2\,195,588\,N$$

$$F_{Ix}' = F_{Ix} \cdot \cos 60^\circ + F_{Iy} \cdot \cos 30^\circ \quad (48)$$

Kde F_{Ix}' je průmět síly F_{Ix} působící v bodě I do osy x' .

$$F_{Ix}' = 1262,185 \cdot \cos 60^\circ + 10968,52 \cdot \cos 30^\circ$$

$$F_{Ix}' = 10\,130,109\,N$$

$$F_{Iy}' = F_{Ix} \cdot \sin 60^\circ - F_{Iy} \cdot \sin 30^\circ \quad (49)$$

Kde F_{Iy}' je průmět síly F_{Iy} působící v bodě I do osy y' .

$$F_{Iy}' = 1262,185 \cdot \sin 60^\circ - 10968,5 \cdot \sin 30^\circ$$

$$\mathbf{F_{Iy}' = -4\ 391,1658\ N}$$

$$F_{Kx}' = -F_{Ky} \cdot \cos 30^\circ \quad (50)$$

Kde F_{Kx}' je průmět síly F_{Ky} působící v bodě K do osy x' .

$$F_{Kx}' = -4391,176 \cdot \cos 30^\circ$$

$$\mathbf{F_{Kx}' = -3\ 802,8699\ N}$$

$$F_{Ky}' = F_{Ky} \cdot \sin 30^\circ \quad (51)$$

Kde F_{Ky}' je průmět síly F_{Ky} působící v bodě K do osy y' .

$$F_{Ky}' = 4391,176 \cdot \sin 30^\circ$$

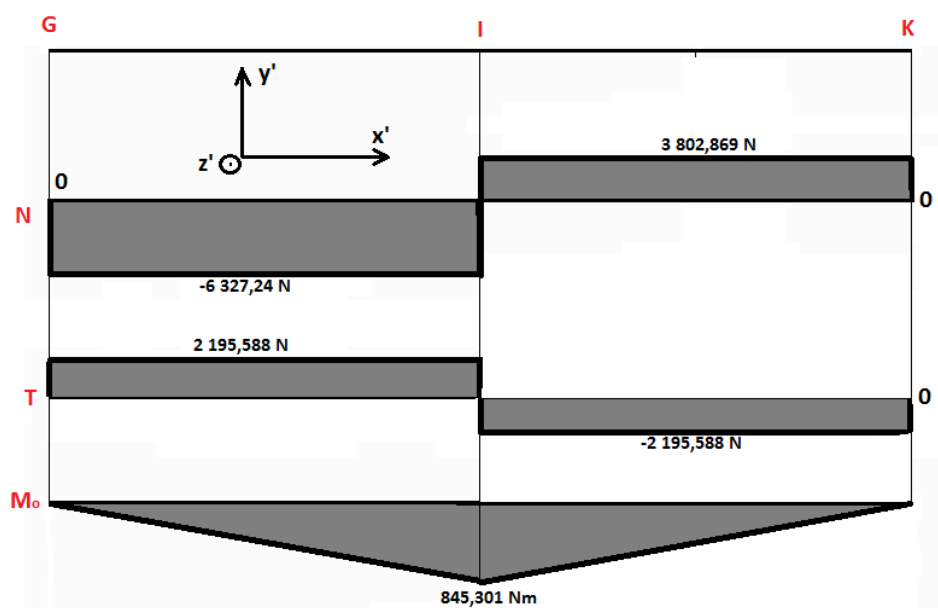
$$\mathbf{F_{Ky}' = 2\ 195,588\ N}$$

$$M_{zI}' = |F_{Ky}'| \cdot L_{FI} \quad (52)$$

Kde M_{zI}' je ohybový moment v místě I k ose z' .

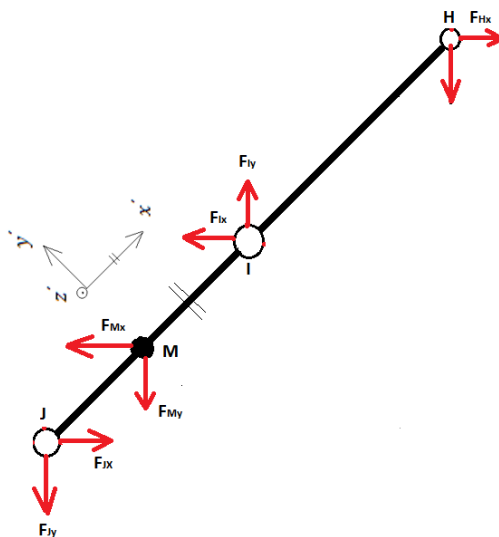
$$M_{zI}' = |2195,588| \cdot 0,385$$

$$\mathbf{M_{zI}' = 845,301\ Nm}$$



Obrázek 32: Výsledné vnitřní účinky nosníku 5.

8.3.4 Síly a momenty nosníku 6



Obrázek 33: Nosník 6, silový rozbor

$$F_{Hx}' = F_{Hx} \cdot \cos 60^\circ - F_{Hy} \cdot \cos 30^\circ \quad (53)$$

Kde F_{Hx}' je průmět síly F_{Hx} působící v bodě H do osy x' .

$$F_{Hx}' = 4\,328,243 \cdot \cos 60^\circ - (-1171,818) \cdot \cos 30^\circ$$

$$F_{Hx}' = 3\,177,446 \text{ N}$$

$$F_{Hy}' = -F_{Hx} \cdot \sin 60^\circ - F_{Hy} \cdot \sin 30^\circ \quad (54)$$

Kde F_{Hy}' je průmět síly F_{Hy} působící v bodě H do osy y' .

$$F_{Hy}' = -4\,328,243 \cdot \sin 60^\circ - (-1171,818) \cdot \sin 30^\circ$$

$$F_{Hy}' = -3\,162,459 \text{ N}$$

$$F_{Ix}' = -F_{Ix} \cdot \cos 60^\circ + F_{Iy} \cdot \cos 30^\circ \quad (55)$$

Kde F_{Ix}' je průmět síly F_{Ix} působící v bodě I do osy x' .

$$F_{Ix}' = -1262,185 \cdot \cos 60^\circ + 10968,52 \cdot \cos 30^\circ$$

$$F_{Ix}' = 8\,867,924 \text{ N}$$

$$F_{Iy}' = F_{Ix} \cdot \sin 60^\circ + F_{Iy} \cdot \sin 30^\circ \quad (56)$$

Kde F_{Iy}' je průmět síly F_{Iy} působící v bodě I do osy y' .

$$F_{Iy}' = 1262,185 \cdot \sin 60^\circ + 10968,52 \cdot \sin 30^\circ$$

$$F_{Iy}' = 6\,577,344 \text{ N}$$

$$F_{Mx}' = -F_{Mx} \cdot \cos 60^\circ - F_{My} \cdot \cos 30^\circ \quad (57)$$

Kde F_{Mx}' je průmět síly F_{Mx} působící v bodě M do osy x' .

$$F_{Mx}' = -3066,058 \cdot \cos 60^\circ - 10692,61 \cdot \cos 30^\circ$$

$$\mathbf{F}_{Mx}' = -10\,793,1\,N$$

$$F_{My}' = F_{Mx} \cdot \sin 60^\circ - F_{My} \cdot \sin 30^\circ \quad (58)$$

Kde F_{My}' je průmět síly F_{My} působící v bodě M do osy y' .

$$F_{My}' = 3066,058 \cdot \sin 60^\circ - 10692,61 \cdot \sin 30^\circ$$

$$\mathbf{F}_{My}' = -2691,020\,N$$

$$F_{Jx}' = F_{Jx} \cdot \cos 60^\circ - F_{Jy} \cdot \cos 30^\circ \quad (59)$$

Kde F_{Jx}' je průmět síly F_{Jx} působící v bodě J do osy x' .

$$F_{Jx}' = 0 \cdot \cos 60^\circ - 1447,726 \cdot \cos 30^\circ$$

$$\mathbf{F}_{Jx}' = -1253,767\,N$$

$$F_{Jy}' = -F_{Jx} \cdot \sin 60^\circ - F_{Jy} \cdot \sin 30^\circ \quad (60)$$

Kde F_{Jy}' je průmět síly F_{Jy} působící v bodě J do osy y' .

$$F_{Jy}' = -0 \cdot \sin 60^\circ - (-1447,726) \cdot \sin 30^\circ$$

$$\mathbf{F}_{Jy}' = 723,863\,N$$

$$M_{zM}' = |F_{Jy}'| \cdot L_{JM} \quad (61)$$

Kde M_{zM}' je ohybový moment v místě M k ose z' .

$$M_{zM}' = |723,863| \cdot 0,1925$$

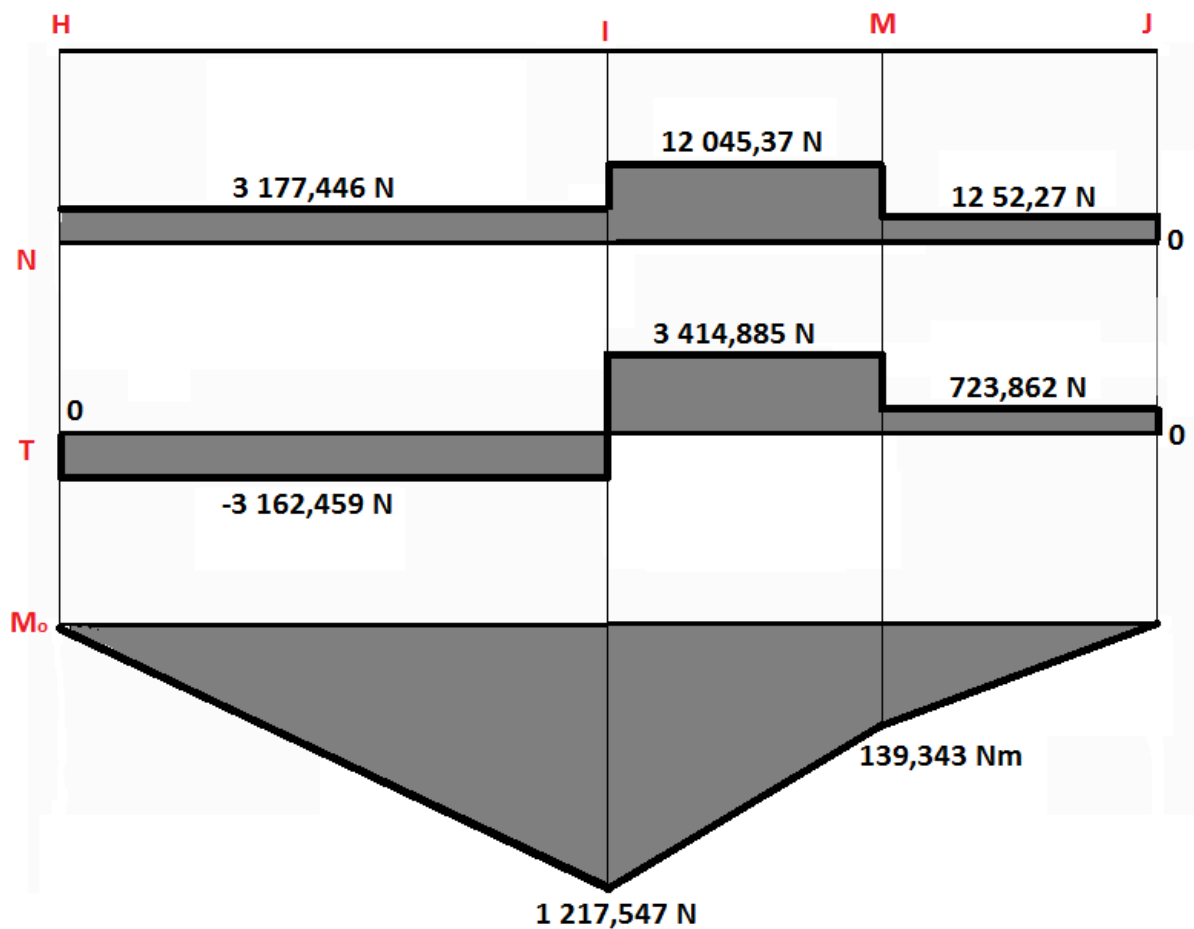
$$\mathbf{M}_{zM}' = 139,343\,Nm$$

$$M_{zI}' = |F_{Hy}'| \cdot L_{HI} \quad (62)$$

Kde M_{zI}' je ohybový moment v místě I k ose z' .

$$M_{zI}' = |-3\,162,459| \cdot 0,385$$

$$\mathbf{M}_{zI}' = 1\,217,547\,Nm$$



Obrázek 34: Výsledné vnitřní účinky nosníku 6.

8.4 Výpočet průměru čepů

Jednotlivé průměry čepů jsou spočítány pomocí vzorce:

$$\tau_s = \frac{T}{S_\zeta} \leq \tau_{sdov} \quad (63)$$

Kde T je smyková síla, S_ζ je plocha čepu.

Volím materiál ČSN 11 600 $\tau_{sdov} = 150 \text{ Mpa}$.

8.4.1 Výpočet smykových sil

K určení největších smykových sil, jsou spočítány jednotlivé složky smykových sil.

$$F_D = \sqrt{F_{Dx}^2 + F_{Dy}^2} \quad (64)$$

$$F_D = \sqrt{1872,644^2 + 2576,55^2}$$

$$F_D = 3185,185 \text{ N}$$

Kde F_D je smyková síla v bodě D na mechanismu.

Všechny ostatní síly jsou počítány stejným způsobem, z toho důvodu jsou zapsány v tabulce.

Síla	Velikost síly [N]	Síly	Velikost síly[N]
F_D	3185,185	F_I	11040,903
F_E	5828,996	F_J	1447,726
F_F	3134,829	F_K	4623,671
F_G	6697,356	F_L	11123,516
F_H	4484,065	F_M	11123,516

Tabulka 17: Výsledné smykové síly

Z rovnice (63) určíme průměr čepu.

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot T}{\tau_{Sdov} \cdot \pi}}$$

Kde d je průměr čepu, T je smyková síla.

Výpočet čepu v místě L a M

Čepy na mechanismu budou navrženy na sílu F_L . Tudíž za sílu T se dosadí síla F_L .

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 11123,516}{150 \cdot \pi}}$$

$$d = 15,364 \text{ mm}$$

Jsou navrženy čepy s průměrem 18 mm, což jsou čepy na oku hydromotoru.

Výpočet čepů v místě I , F a C

Čepy v místech I , F a C jsou navrženy zvlášť, na sílu F_I . Tudíž za sílu T se dosadí síla F_I .

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 11040,903}{60 \cdot \pi}}$$

$$d = 15,306 \text{ mm}$$

Jsou navrženy čepy s průměrem 18 mm.

Výpočet čepů v místě J , K , G , H , E , D , A , B .

Čepy v místech J , K , G , H , E , D , A , B jsou navrženy zvlášť, na sílu F_G . Tudíž za sílu T se dosadí síla F_G .

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 6697,356}{60 \cdot \pi}}$$

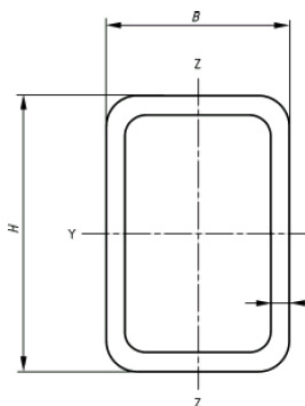
$$d = 11,921 \text{ mm}$$

Jsou navrženy čepy s průměrem 15 mm.

Na základě snižování výrobní ceny, budou všechny čepy navrženy na $d = 18$ mm.

8.5 Návrh průřezu nosníku

Je vybrán jácklový profil.



Obrázek 35: Jäcklový profil [11]

Materiál nosníků je ocel 11600. Dovolенý ohybový moment materiálu 11 600
 $\sigma_{o\,dov} = 125 - 180 \text{ Mpa}$.

Největší ohybový moment se nachází v bodě G $M_{zG} = 1\,686,976 \text{ Nm}$

Je vybrán Jäcklový profil, parametry jsou zobrazeny na následujícím obrázku.

Výška profilu	H	100 mm
Šířka profilu	B	60 mm
Tloušťka profilu	T	5,0 mm
Hmotnost	M	10,959 kg/m
Plocha průřezu	A	14,40 cm ²
Kvadratický moment průřezu	I_{yy}	180,77 cm ⁴
Kvadratický moment průřezu	I_{zz}	80,83 cm ⁴
Poloměr kvadratického momentu průřezu	i_{yy}	3,55 cm
Poloměr kvadratického momentu průřezu	i_{zz}	2,37 cm
Pružný modul průřezu	$W_{e,yy}$	36,15 cm ³
Pružný modul průřezu	$W_{e,zz}$	26,94 cm ³
Plastický modul průřezu	$W_{p,yy}$	45,59 cm ³
Plastický modul průřezu	$W_{p,zz}$	31,88 cm ³
Polární moment průřezu	I_t	187,86 cm ⁴
Polární modul průřezu	C_t	45,75 cm ³
Plocha povrchu na 1 m délky	A_s	0,303 m ² /m
Jmenovitá délka na 1 t		88,70 m
Mezní úchylna H		±0,8 % mm
Mezní úchylna B		±1 %, nejméně ±0,5 mm
Mezní úchylna T		±10 %
Vydutost strany	x_1	nejvýše 0,8 %, nejméně 0,5 mm
Vypuklost strany	x_2	nejvýše 0,8 %, nejméně 0,5 mm
Kolmost stran		90° ±1°
Tvar vnějšího zaoblení	C_1, C_2	1,6T až 2,4T
Zkroucení	V	2 mm plus 0,5 mm/m délky
Mezní úchylna přímosti na 1 m délky		max. 3 mm/m
Provenience		Polsko

Obrázek 36: Parametry Jäcklového profilu

Kontrola profilu.

$$\sigma_o = \frac{M_{zG}}{W_o} \leq \sigma_{dov} \quad (65)$$

$$\sigma_o = \frac{1686,976}{26,94} \leq \sigma_{dov}$$

$$\sigma_o = 62,61 \text{ Mpa}$$

Vybraný profil odpovídá a splňuje podmínku.

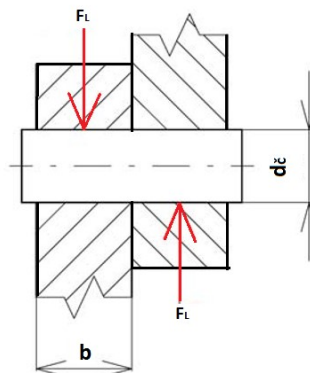
$$\sigma_o = 62,61 \leq \sigma_{dov}$$

$$\sigma_{dov} = 95 - 105 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_o \leq \sigma_{dov}$$

8.6 Pevnostní kontrola čepů

Pevnostní kontrola na otláčení je počítána v místě L, kde je největší síla F_L . Čepy jsou uloženy v pouzdrech, které jsou přivařeny k profilu nosníku.



Obrázek:37: Síly působící na čep

$$p_s = \frac{F_L}{b \cdot d_{\check{c}}} \cdot k \leq p_{dov} \quad (66)$$

Volím bezpečnost $k=5$ (vychází z normy)

Kde F_L je síla působící v bodě L, b je šířka profilu a $d_{\check{c}}$ je průměr čepu.

Dovolený tlak materiálu 11 600 $p_{dov} = 110 - 165 \text{ Mpa}$.

$$p_s = \frac{11123,516}{60 \cdot 18} \cdot 5$$

$$p_s = 51,499 \text{ Mpa}$$

$$p_s \leq p_{dov}$$

Podmínka vyhovuje.

8.7 Návrh hydraulického válce

Na hydraulický válec působí síla v místě M a L o velikosti 11123,516 N. Vzdálenost ok hydraulického válce při maximálním zdvihu nůžkového mechanismu je 510 mm. Minimální průměr oka hydraulického válce je roven průměru čepu v místě M a L což je 18 mm.

Hydraulické válce jsou použity dva, každý z nich působí na jednu stranu nůžkového mechanismu. Hydraulické válce jsou vybrány z katalogu od firmy HYDRAULICS s.r.o.

Pro minimální průměr čepu 18 mm je zvolen hydraulický válec typu Série ZH-PL1 s průměrem pístní tyče 28 mm. Průměr oka hydraulického válce je 20 mm. Maximální tlak 25 Mpa. Jmenovitý tlak 20 Mpa.

Výpočet velikosti hydraulického válce.

$$p = \frac{F_L}{S_v} \quad (67)$$

Kde F_L je síla působící na pístní tyč, S_v je plocha a p je jmenovitý tlak.

$$p = \frac{F_L}{S_v} \rightarrow S_v = \frac{F_L}{\pi \cdot D_{píst}^2}$$

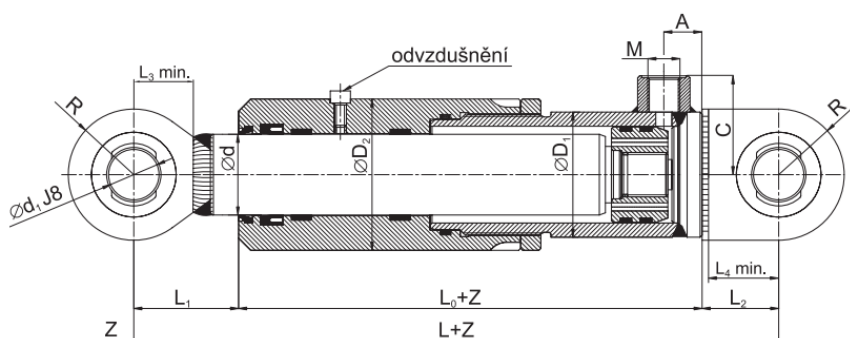
$$D_{píst} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_v}{\pi \cdot p}} \quad (68)$$

$$D_{píst} = \sqrt{\frac{4 \cdot 11123,516}{\pi \cdot 20}}$$

$$D_{píst} = 26,61 \text{ mm}$$

Potřebný průměr pístu je 26,61 mm, vybraný hydromotor má průměr 28 mm což **VYHOVUJE**.

Je zvolen hydromotor Série ZH-PL1 s průměrem pístní tyče 28 mm, průměrem ok pístní tyče 20 mm a maximálním zdvihem 630 mm.



Obrázek 38: Zvolený hydromotor [13]

Závěr

Cílem práce byl konstrukční návrh zdviže, určené pro zvedání imobilních osob.

V úvodní části diplomové práce je uvedena legislativa, poté byla vypracovaná rešerše, která slouží pro ujasnění práce a inspiraci v dalším postupu.

Na základě informací z rešerše byl navržen požadavkový list, kde byly specifikovány základní požadavky pro samotný návrh.

V další kapitole byly zpracovány varianty řešení. První varianta vychází z použití teleskopického hydraulického válce. Druhá varianta je založena na pohybu po nakloněné rovině a třetí varianta vychází z použití nůžkové zdviže.

Následně byly všechny varianty zhodnoceny pomocí kritériální analýzy. Jako výsledná optimální varianta byla určena varianta číslo tři, tedy nůžková zdviž.

V další části diplomové práce byla detailněji popsána optimální varianta. Byly popsány jednotlivé celky zdviže, spodní rám, samotný nůžkový mechanismus a horní plošina. Detailní popis varianty doprovází ilustrace pomocí řezů a detailů.

V další kapitole jsou popsány doporučené, obecné, pravidla pro provoz a údržbu zařízení.

Následující kapitola obsahuje pevnostní výpočet zdviže. Zatížení nůžkového mechanismu jsem realizoval tak, že jsem tíhu břemene nahradil silou působící v místě, které vyvolávalo největší zatížení nůžkového mechanismu. Tíha pracovního koše byla nahrazena silou působící v těžišti pracovního koše. Pro výpočet silového zatížení těles jsem využil maticového výpočtu v programu MathCAD. Po vyřešení všech sil působících ve vazbách jsem počítal výsledné vnitřní účinky na tělesech. Během návrhu čepů jsem předpokládal, že jsou čepy namáhány otláčením v pouzdrech nůžkového mechanismu a střihem od přenášených sil. Volil jsem jácklový profil nosníku díky relativně jednoduché výrobě, nízké hmotnosti a dobré odolnosti vůči namáhání ohybem.

U volby velikosti hydraulických válců jsem vycházel ze silového zatížení členu, který nahrazoval hydraulický válec. Protože jsem pominul ztráty třením v čepech, zvolil jsem velikosti hydraulických válců o něco vyšší než vypočítaná velikost.

Cenu zařízení nelze specifikovat přesně, z důvodu, že výrobci neudávají ceny komponentů na webové stránky. Tudíž byla cena zařízení odhadnuta mnou na 200 000 Kč.

Součástí přílohy je výkresová dokumentace, sestavné a výrobní výkresy zdviže a dílčích komponent. Dále pak 3D model vytvořený v programu Creo.

Další možnosti a náměty pro řešení

System řízení zdviže.

Riziková analýza.

Schémat elektronického a hydraulického zapojení.

Použitá literatura

- [1] Jindřich Nečas, Diplomová práce VUT [online]. [cit. 2017-02-02]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=29942
- [2] Wikipedia, Eskalátory [online]. [cit. 2017-02-02]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Eskal%C3%A1tor>
- [3] Martin Špunar, Diplomová práce VUT [online]. [cit. 2017-02-02]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=39408
- [4] Venkovní výtahy, [online]. [cit. 2017-02-02]. Dostupné z: <http://www.el-vy.cz/venkovni-vtahy-1/>
- [5] Jeřáby, [online]. [cit. 2017-02-02]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=17560
- [6] Jan Šmid, Bakalářská práce VUT [online]. [cit. 2017-02-02]. Dostupné z: <https://core.ac.uk/download/pdf/30293714.pdf>
- [7] Schodišťová plošina [online]. [cit. 2017-02-02]. Dostupné z: <http://www.vecom.cz/cz/produkty/bezbarierove-pristupy/sikme-schodistove-plosiny/sikma-schodistova-plosina-v64>
- [8] Malá zdvihací plošina [online]. [cit. 2017-05-02]. Dostupné z: <http://www.triplex.cz/cs/>
- [9] Václav Grygarčík, Bakalářská práce VUT [online]. [cit. 2017-23-02]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=52984
- [10] LiftComp, [online]. [cit. 2017-23-02]. Dostupné z: <http://www.liftcomp.cz/produkty/plosiny/nuzkove-zdvihaci-plosiny>
- [11] Feron, a.s, [online]. [cit. 2017-6-03]. Dostupné z: <http://www.ferona.cz/cze/index.php>
- [12] Rolna, [online]. [cit. 2017-6-04]. Dostupné z: http://www.winkel-bearing.com/winkel-bearings/polyamide-winkel-bearings/type/pa-143-50/?tx_winkelproducts_pi1%5Baction%5D=show&cHash=0c2087f350ea7ecf4fcd2dad41ff7f23
- [13] Hydraulický válec [online]. [cit. 2017-6-05]. Dostupné z: http://www.hydraulics.cz/ZH-PL1_str39.pdf
- [14] Strojnické tabulky LEINVEBER, Jan - VÁVRA, Pavel. Strojnické tabulky. 3. vyd.Úvaly: Albra, 2006. 914 s. ISBN 80-7361-033-7. Kapitola Převody ozubenými koly, Únosnost ozubení, s. 578 – 584.
- [15] Krycí měch [online]. [cit. 2017-6-05]. Dostupné z: <http://www.hestego.cz/krytovani-stroju/kryci-mechy/>

Seznam příloh CD

	Datasheet hydromotoru
	Výpočet v MathCadu
	Specifikace ochranného vaku
	Sestavný výkres Zdviže
Příloha A:	Sestavný výkres Rám
Příloha B:	Sestavný výkres Horní plošina
Příloha C:	Výrobní výkres Cep
Příloha D:	Výrobní výkres Nosník
Příloha E:	Výrobní výkres Patka
Příloha F:	
Příloha G:	
Příloha H:	3D model v systému Creo Složená zdviž
	3D model v systému Creo Zvednutá zdviž
Příloha J:	
Příloha K:	